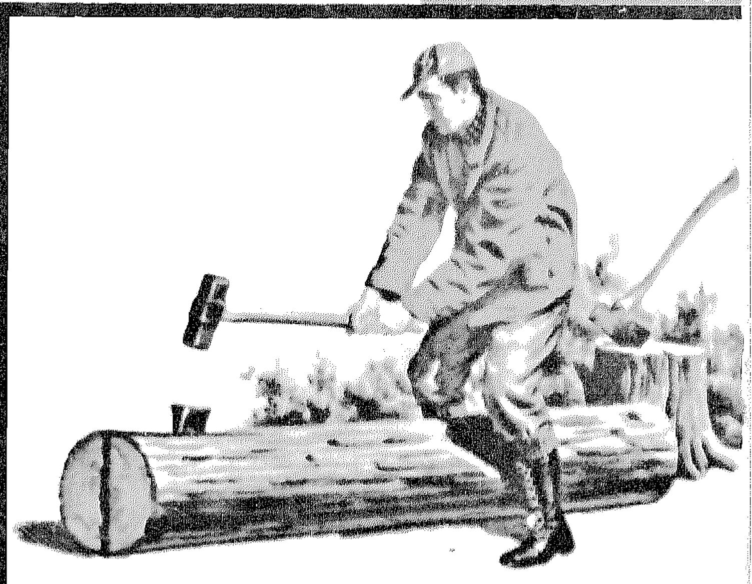
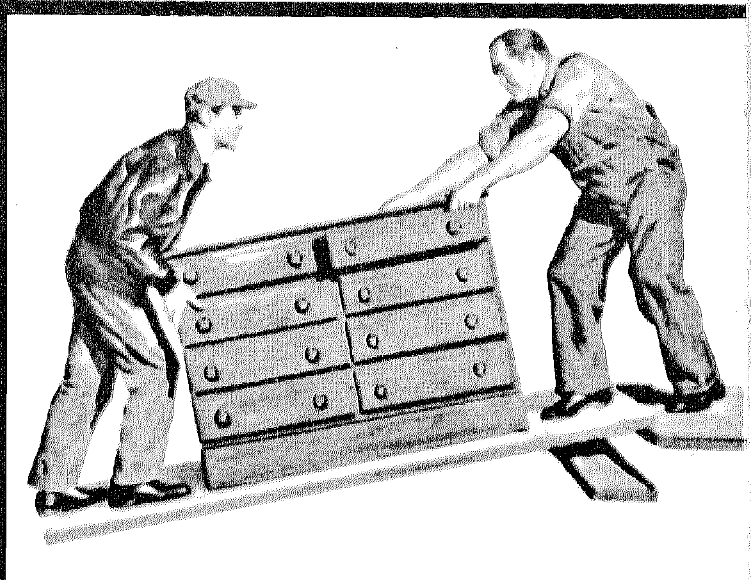
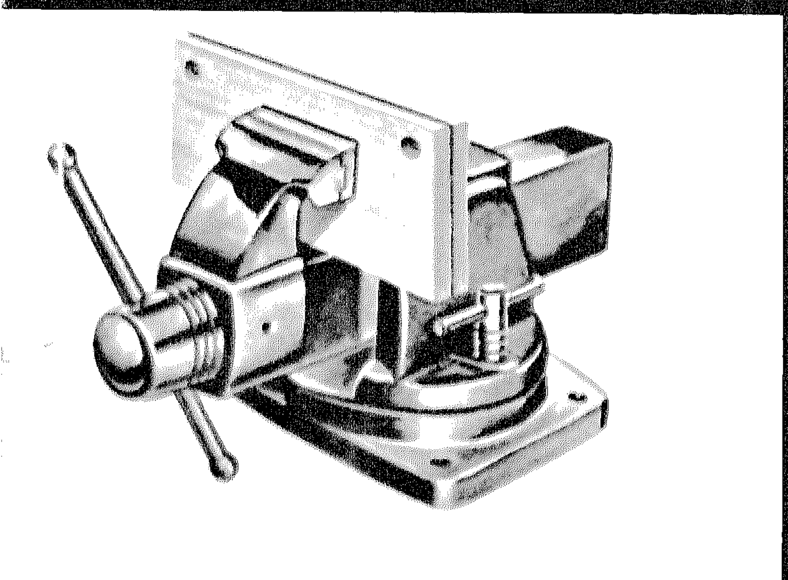
سلسلة
كيف
ولماذا

الماكينات











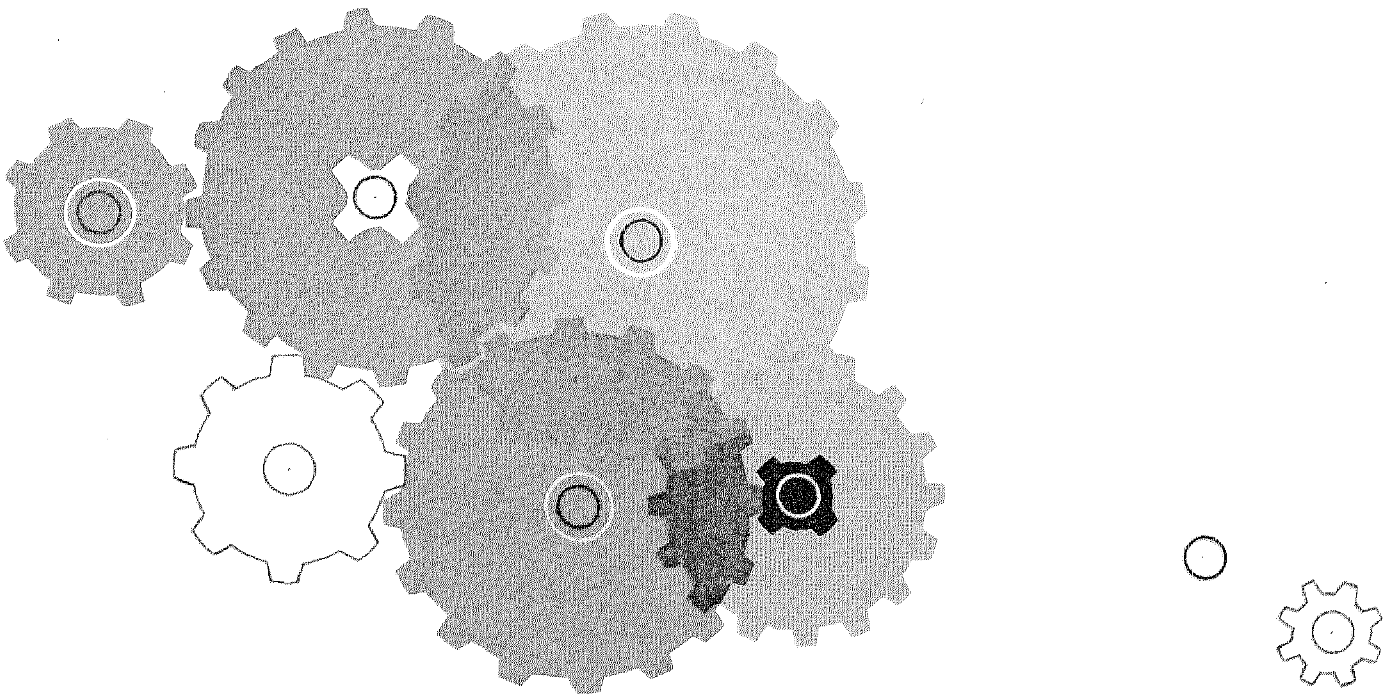


سلسلة كيف ولماذا

الماكينات

ترجمة : المهندس سمير داغر

مراجعة : الدكتور محمد أنور عبد الواحد



تأليف : الدكتور جيروم نوتكن

والاستاذ سيدنى جولكن

رسوم : جورج زافو

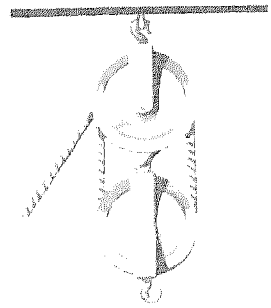
اخراج : دونالد د. وولف

اشراف : الدكتور بول بلاكوود

© دار الشروق

القاهرة : ١٦ شارع جواد حسنى ــ هاتف : ٣٩٣١٥٧٨ ــ ٣٩٣٤٨١٤

بيروت : ص . ب : ٨٠٦٤ ــ هاتف : ٣١٥٨٥٩ ــ ٨١٧٧٦٥ ــ ٨١٧٢١٣



مقدمة

استعمل القدماء المكنات بطرق بدائية وقد تمكنت البشرية من الانتقال من طرق الحياة البدائية إلى سبل أكثر تقدماً مع اكتشافها لاستخدامات جديدة لهذه المكنات . ويسير تاريخ الحضارة جنباً إلى جنب مع استخدام المكنات الذي يتزايد اتساعاً وتعقلاً باستمرار .

والمكنات الحالية ـ مهما بدت معقدة ـ ما هي في حقيقتها إلا تجميعات من آلتين أو أكثر من الآلات البسيطة الست وهي : الرافعة والمستوى المائل والاسفين (الخابور) واللولب (القلاووظ) والعجلة والمحور (الملفات) والبكرة وذلك كما سنعرف من هذا الكتاب من مجموعة « **كيف ولماذا** » .

وقد تعلم الإنسان خلال العصور كيفية استعمال هذه الآلات البسيطة بطرق شتى لتسهل له عمله . ويوضح هذا الكتاب كيف تفيد كل آلة من هذه الآلات في استخدام القوة لجعل العمل أكثر سهولة .

إن الإلمام بالآلات البسيطة له فائدة عملية لنا في أثناء قيامنا بأعمالنا اليومية المختلفة كما يساعدنا ذلك على تفهم وتقدير الكيفية التي تعمل بها المكنات المعقدة . ويشتمل هذا الكتاب ، مثل كثير من كتب مجموعة « **كيف ولماذا** » ، على عدة تجارب مشوقة ، وسوف يكتشف الناشئون بإجرائهم لهذه التجارب بعض قوانين المكنات وسيدركون سبب اعتمادنا على المكنات في القيام بكل هذه الأعمال من حولنا .

بول أ. بلاكوود

محتويات الكتاب

عصر المكنة

يأتي أصل كلمة مكنة من الكلمة الإغريقية « ميكوس » MECHOS ومعناها « النافع » أو الشيء الذي يسهل الأمور . وقد استعمل الرومان الكلمة اللاتينية ماكينا ومعناها « حيلة » أو « وسيلة » . وهكذا نجد أن الناس في العهود القديمة كان عليهم أن يبحثوا عن وسائل تساعدهم على قضاء أعمالهم نظراً لاضطرارهم إلى انجاز كل أشغالهم بأيديهم وقد اهتدوا فعلاً إلى مثل تلك الوسائل . وكثيراً ما يطلق على عصرنا هذا اسم عصر المكنة نظراً لكثرة الأعمال التي تؤديها المكنات .

التغلب على عائق اللغة

لعلنا قد شاهدنا مهرج السيرك الذي يجاهد لرفع كرسي من على الأرض ثبته مهرج آخر بالمسامير . يمكننا أن ندرك بسهولة الجهد المبذول من احمرار وجه المهرج وتصبب العرق منه : ومع ذلك فإن الكرسي لا يتزحزح من مكانه مهما بذل المهرج من جهد .

هل أدى هذا المهرج أي « شغل » ؟

ثم يأتي مهرج آخر يأخذ ريشة من فوق الكرسي ويقذفها في الهواء . هل أدى المهرج الثاني أي شغل ؟

إذا كانت إجابتك « بنعم » في الحالة الأولى « ولا » في الحالة الثانية فأنت مخطئ في الحالتين .

ما الشغل ؟

يحدث الشغل الذي نتحدث عنه في هذا الكتاب عندما يحرك « الدفع » أو « الجذب » شيئاً له وزن ما خلال مسافة ما . هذا الدفع أو الجذب يسمى « القوة » ، والوزن يسمى « المقاومة » تذكر هاتين الكلمتين جيداً حيث أننا سنستعملهما كثيراً في هذا الكتاب .

وإذا عدنا إلى المهرجين نجد أن المهرج الأول أثر بقوة (دفع أو جذب) لتحريك الثقل إلا أنه لم يحركه . أما المهرج الثاني فقد أثر بقوة ما (الدفع) وحرك المقاومة (الريشة التي لها وزن رغم خفتها) مسافة ما في الهواء .

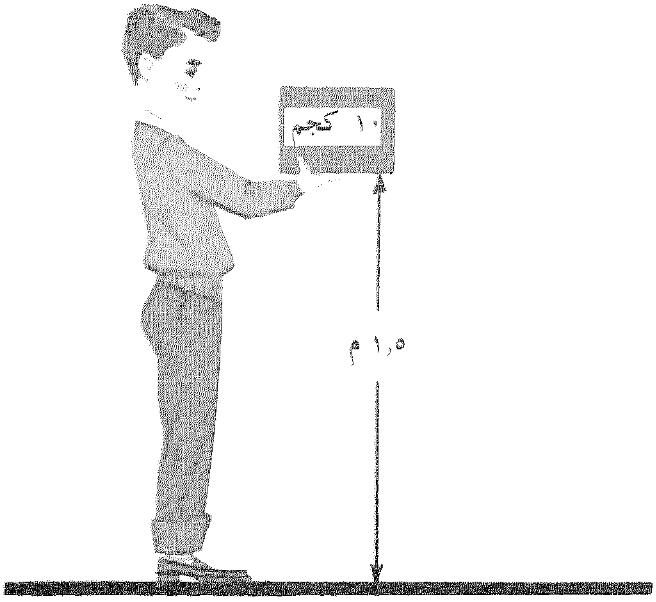
كيف يقاس الشغل ؟

قد تقول انك اشتغلت كثيراً عندما تنهي واجبك المدرسي بالمنزل . ولكن العلم يستعمل ألفاظاً أكثر دقة من ذلك فلا يمكن أن نقول « المكنة عملت كثيراً » ولكننا نقول لقد بذل متر ــ كيلوجرام واحد من « الشغل » .



والمتر ـ كيلوجرام وحدة قياس أخرى رغم أن هذا المصطلح قد يبدو غريباً . وكما أن المتر وحدة لقياس الطول كذلك فالمتر ـ كيلوجرام وحدة لقياس مقدار الشغل وهو يمثل حاصل ضرب القوة في المسافة التي تؤثر خلالها هذه القوة .

فالمتر ـ كيلوجرام هو الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها كيلوجرام واحد تؤثر خلال مسافة متر واحد . وإذا رفعت ثقلاً وزنه ١٠ كجم إلى مسافة ١,٥ م تكون قد بذلت شغلاً يساوي ١,٥ × ١٠ = ١٥ متر كيلوجرام وذلك دون أن تأخذ في الاعتبار الوقت اللازم لإتمام هذه العملية .



إذا رفع ثقل وزنه ١٠ كجم مسافة ١,٥ متر يكون مقدار الشغل المبذول ١٥ متر ـ كيلوجرام .

ما القدرة :

القدرة هي معدل بذل الشغل وتحسب بقسمة مقدار الشغل على الزمن اللازم لإتمامه . والوحدة المستعملة عادة للتعبير عن ذلك هي القدرة الحصانية . ويكفي أن تعلم الآن أن لمكنة ما قدرة حصانية واحدة إذا كان معدلها في الشغل ينجز ٧٥ متر ـ كيلوجرام في الثانية الواحدة (أو ٤٥٠٠ متر كيلوجرام في الدقيقة) .



أي من المهرجين يؤدي شغل ؟ الجواب : المهرج على اليسار لأنه يؤثر بقوة ما حركة المقاومة (الريشة) .

ما الكفاية

هل حدث أن قيل لك مرة أن كفايتك في المدرسة ليست كما يجب ؟ . إننا نتكلم بنفس الطريقة تقريباً عن كفاية المكنات .

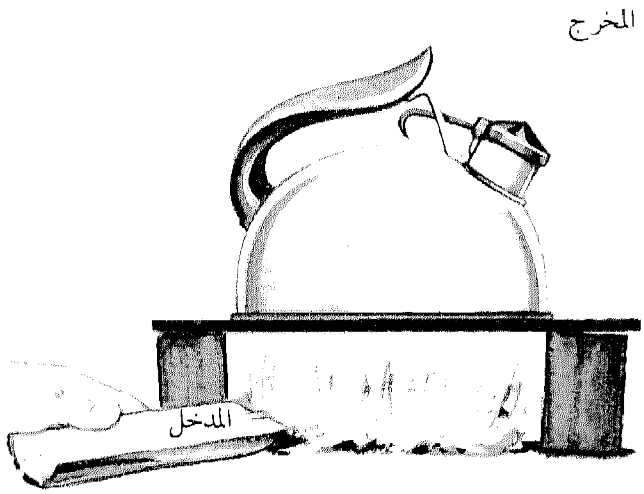
فكفاية مكنة ما هي نسبة الشغل المفيد إلى إجمالي الشغل المبذول .

الكفاية = الشغل الناتج ÷ الشغل المبذول .

ولا تستطيع أية مكنة أن تؤدي مقدار شغل مساو للشغل المبذول نظراً للجزء المفقود نتيجة الاحتكاك .

ما الصعوبة في بذل الشغل ؟

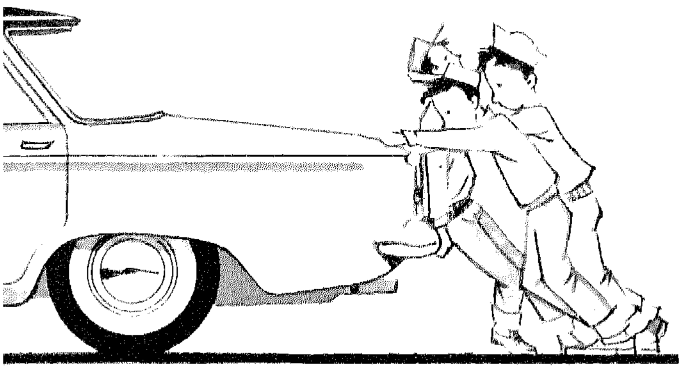
لعلك لاحظت من مشاهدتك لبعض الناس



دراسة هذه الصورة ستعينك على فهم الكفاية .

وهم يحاولون دفع عربة ساكنة أن تحريكها من حالة السكون أصعب من دفعها بعد أن تبدأ حركتها . إن ذلك مرجعه إلى ميل الأجسام للبقاء في حالة سكون . يطلق العلماء لفظ القصور الذاتي على هذه الخاصية . كما أنه يجب علينا

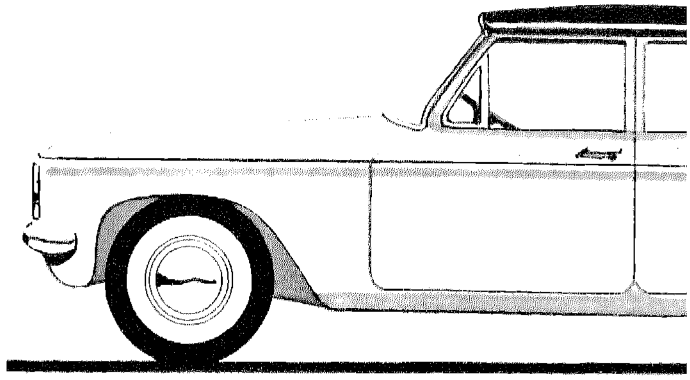
يجب التغلب على القصور الذاتي للعربة لتبدأ في الحركة حتى يمكن أن تؤدي الشغل .



أن نتغلب على القصور الذاتي لإيقاف عربة متحركة لأن الجسم المتحرك يميل أيضاً إلى أن يظل في حالة حركة . وبذلك يتضح أنه عليك التغلب على القصور الذاتي للتمكن من بذل الشغل .

إسأل أصدقاءك أيهما أيسر : رفع كيلوجرام من الريش أو كيلوجرام من الحديد ؟ . قد يرد البعض خطأ أن رفع كيلوجرام من الريش هو الأسهل . الواقع أن العملين متساويان من حيث مقدار الشغل المبذول لأنك في الحالتين ترفع جسماً وزنه كيلوجراماً واحداً . ولكن رفع كيلو جرامين أصعب من رفع كيلوجرام واحد لأنك سوف تبذل جهداً أكبر للتغلب على الوزن أو الجاذبية الأرضية .

فلنعد الآن إلى مسألة دفع العربة الساكنة . سنجد أن تحريكها مستحيل إذا كان صاحبها قد أحكم ربط جهاز الفرامل تماماً . ونجد أن الصعوبة في دفعها أكبر في حالة احكام الفرامل جزئياً عنه في حالة إطلاق الفرامل . السبب في



ذلك هو المقاومة التي تحدث بين الفرامل والعجلات والتي يسميها العلماء « الاحتكاك » لذلك نجد صعوبة في بذل الشغل لأن المادة لها قصور ذاتي ووزن ويجب التغلب على الاحتكاك أثناء بذل الشغل .

ما الطاقة :

ربما قيل لك في وقت من الأوقات « لماذا لا تفعل شيئاً مع انك تتمتع بطاقة كبيرة » ؟ وهذا هو بالضبط ما تعنيه الطاقة « المقدرة على بذل الشغل » توجد أشكال عديدة للطاقة : طاقة حرارية ، وكهربائية وميكانيكية وغيرها .



كيف تصبح الطاقة فعالة ؟

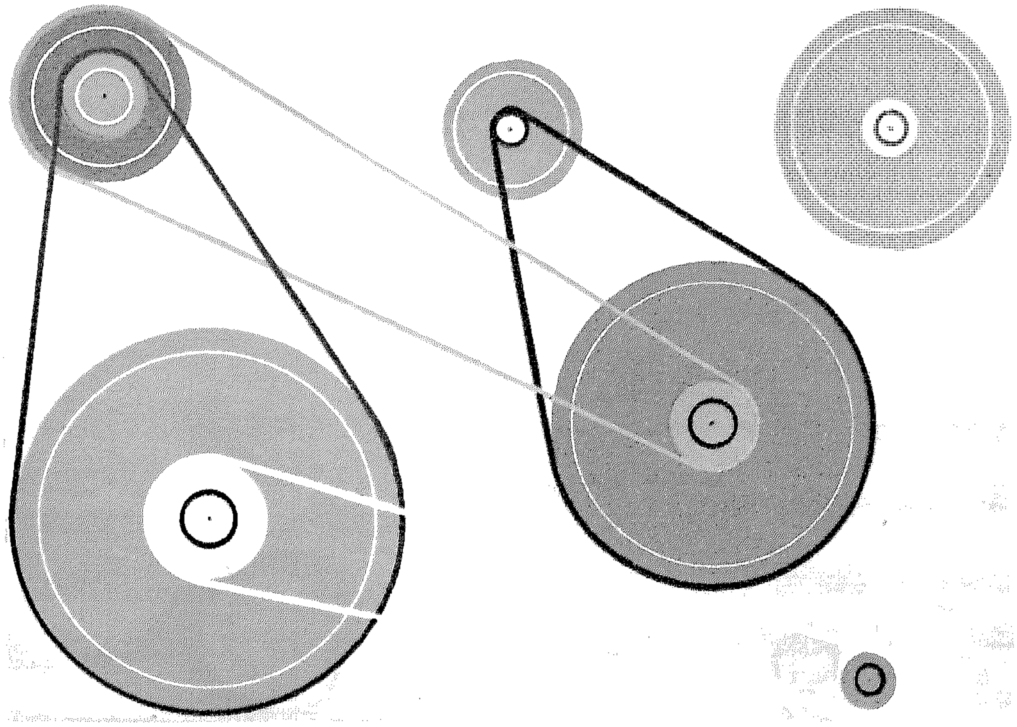
تستخدم القوة عند استغلال الطاقة لبذل الشغل . أي أن القوة تستخدم للدفع أو الجذب أو لتحريك جسم في حالة سكون ، أو لإيقاف جسم ما في حالة حركة أو لتغيير اتجاهه أو لزيادة سرعته أو تخفيضها .



مقدار الشغل متساو بالنسبة لأي من الجسمين لتساوي وزنيهما .

التغلب على الاحتكاك يساعد الولد إلى اليسار على التزحلق .





المكنات

قد نتسائل عما هي علاقة هذه المقدمة الطويلة بعنوان الكتاب : **المكنات** ؟ ابتكر أحد المخترعين مرة مكنة لها عجلات كثيرة يبلغ عددها ألف قطعة متحركة وعندما سئل عن العمل الذي تقوم به هذه المكنة قال « لاشيء إطلاقاً هي فقط عبارة عن ألف جزء في حالة حركة » .

ما المكنة ؟ :

هل يعتبر هذا الابتكار مكنة ؟ لا يمكن في الواقع اعتباره كذلك لأن المكنة هي أداة أو آلة تمكن من استخدام القوة في أحد الأغراض الآتية : —

١ — تسهيل بذل الشغل ، أو (٢) تغيير اتجاه القوة ، أو (٣) زيادة سرعة بذل الشغل . لذلك فإن الابتكار السابق رغم أنه يحتوي على ألف جزء متحرك لا يعتبر مكنة لأنه لا يستخدم في بذل أي شغل .

لماذا تستخدم المكنات ؟

تستخدم المكنات لأنها تتيح استخدام القوة أي أنها تمكننا من التغلب على مقاومة كبيرة بجهد صغير . ونقول في هذه الحالة أن المكنة تعطي فائدة ميكانيكية للقوة . وبعض المكنات الأخرى تزيد من سرعة تحرك المقاومة أي أنها تعطي فائدة ميكانيكية للسرعة .

وسنحسب هذه الفائدة عند دراسة كل مكنة على حدة فيما بعد .

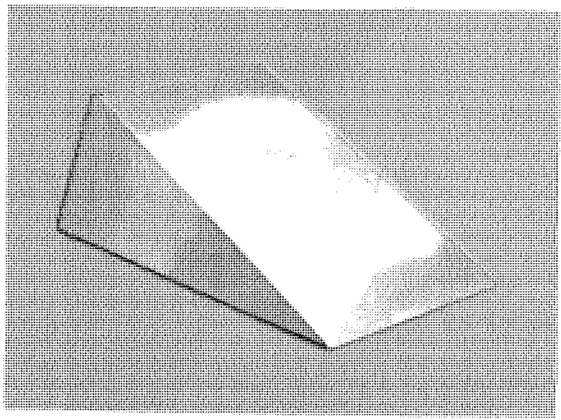
هل عاش الإنسان بدون مكنات ؟

يصعب علينا أن نتخيل ونحن في عصر المكنة أن الإنسان أمكنه أن يعيش فترات من الزمان بدون السيارة والطائرة والقاطرة وجميع الاختراعات التي تسهل له عمله . ولكن الواقع أن الإنسان كان من

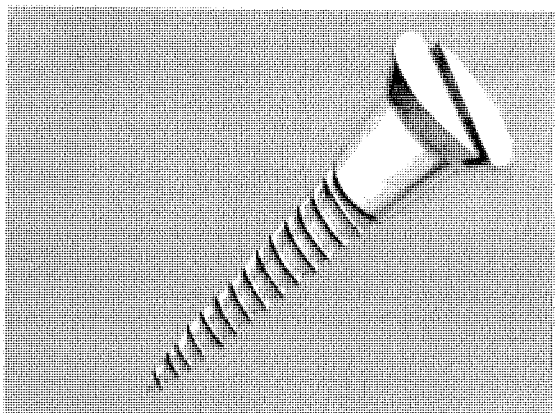
آلاف السنين محروماً من أي نوع من الآلات وحتى فترة موغلة في القدم كان يعتمد في أغلب الأحيان على عضلاته أو على عضلات الحيوانات لتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل المكنات البسيطة التي اخترعها وصنعها .

ما هي الآلات الأساسية الست ؟

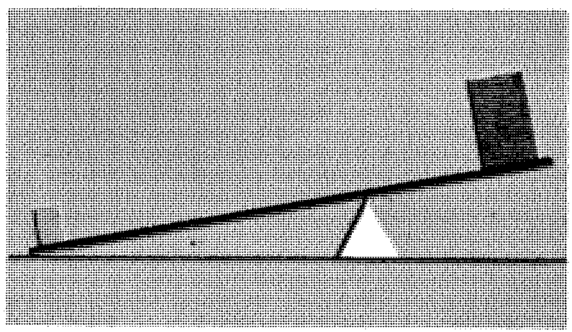
حاول الإنسان في الأزمنة الغابرة استخدام الآلات لتسهيل عمله . كانت هذه الآلات بدائية صنعها لحاجته إليها . ولكنها ما زالت حتى يومنا هذا مستخدمة على صور شتى حتى أن أكثر مكناتنا الحديثة تعقيداً ما هي في حقيقتها إلا تجميعات من المكنات الأساسية الست . وهذه المكنات هي : ـ



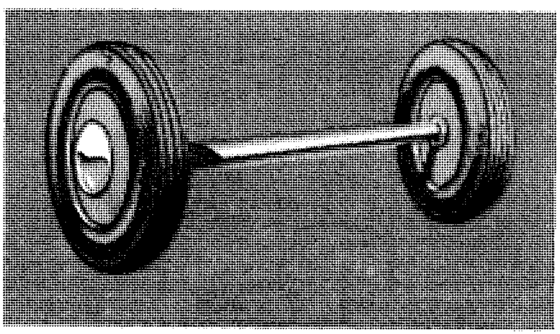
الاسفين (الخابور)



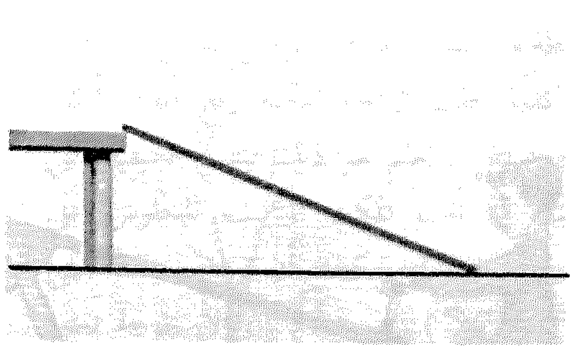
اللولب



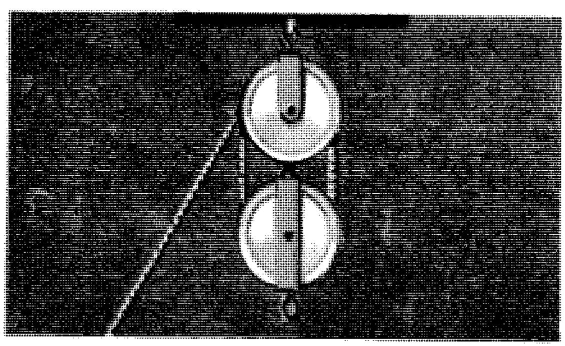
الرافعة



العجلة والمحور .



المستوى المائل



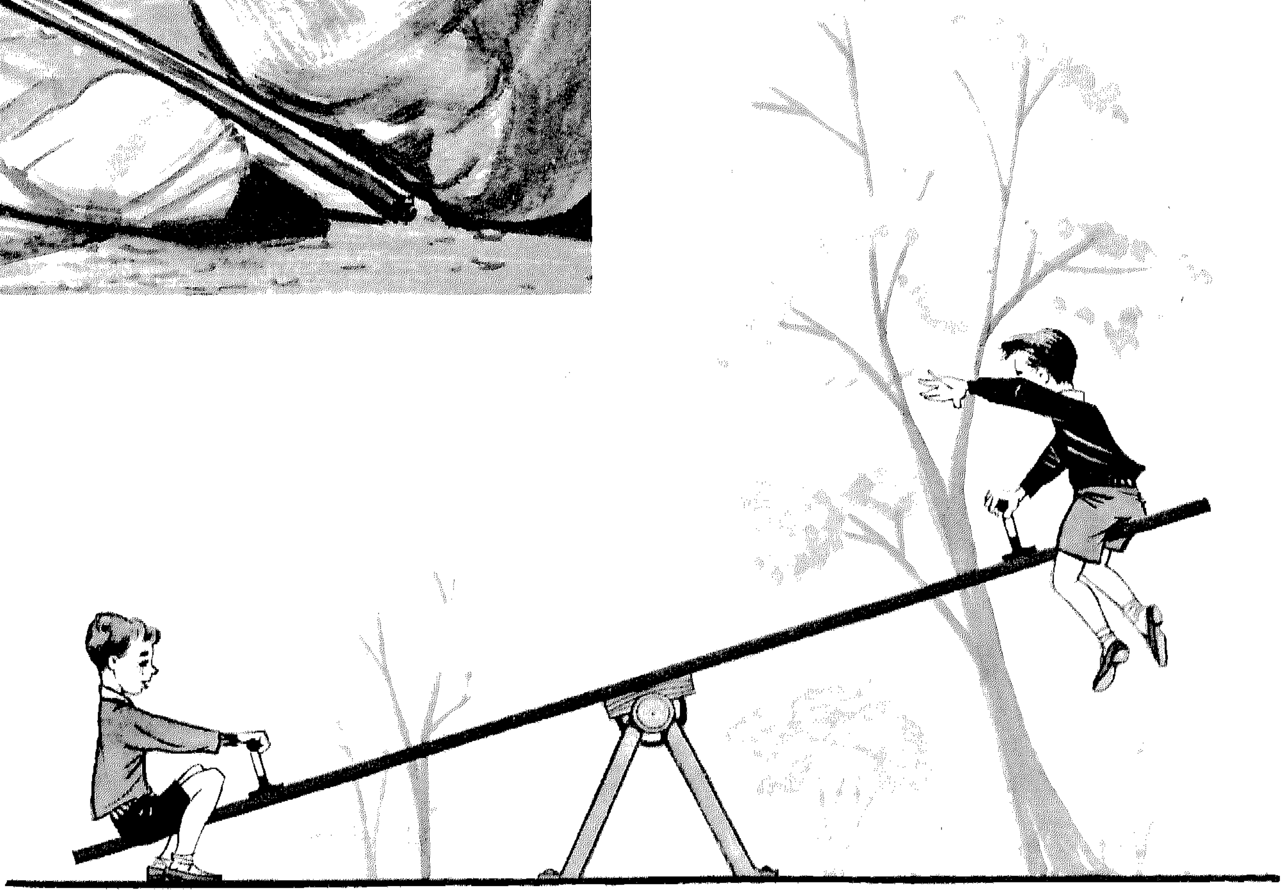
البكرة

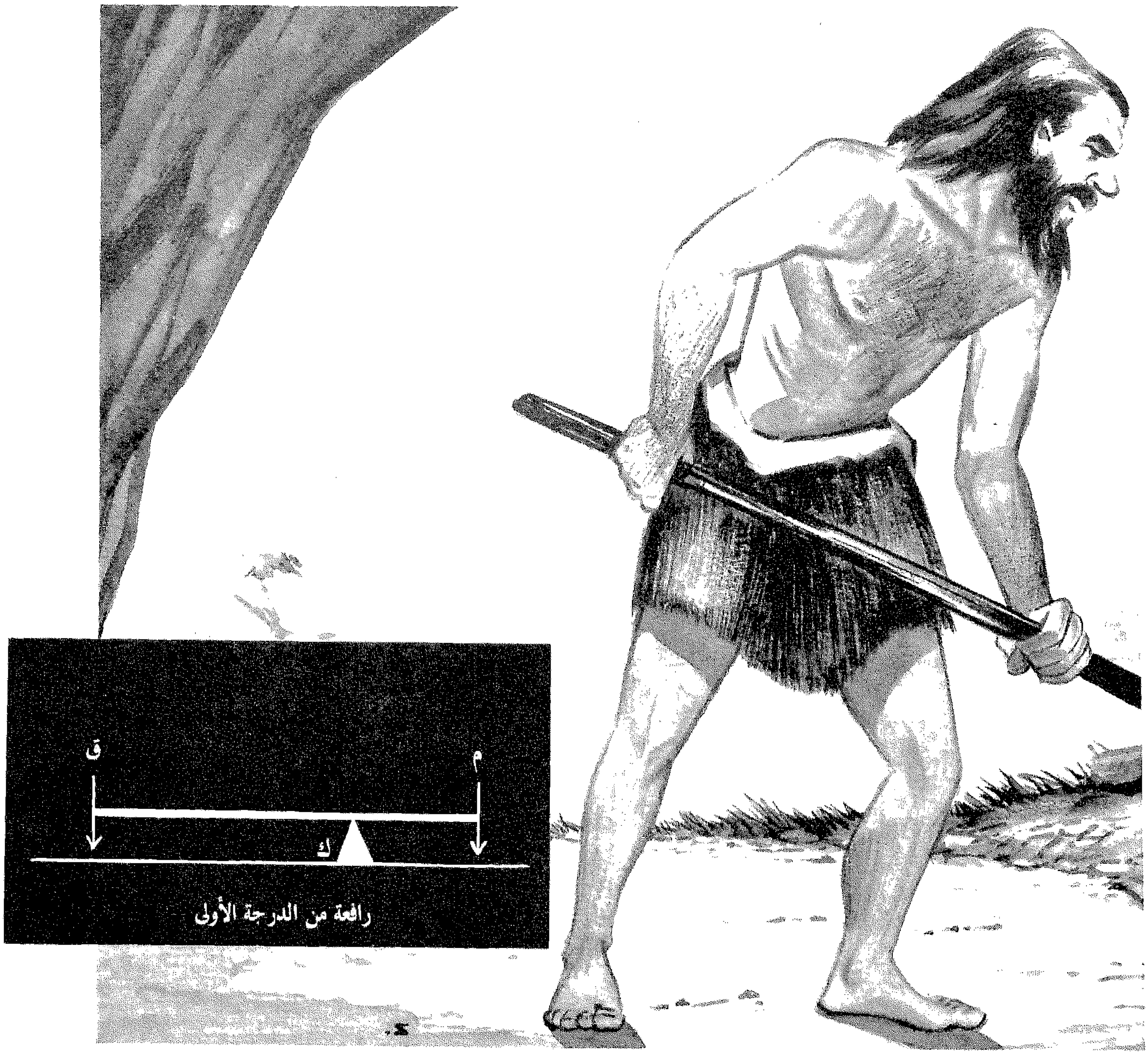


الرافعة

كيف تسهل الرافعة أداء الشغل ؟

هل يمكنك أن تتخيل الرجل البدائي وهو يحاول سد مدخل مغارته بصخرة كبيرة ليحمي نفسه ؟ إنه لا يستطيع رغم قوته أن يرفع الصخرة أو أن يحركها من مكانها . نحن لا نعلم على وجه التحديد من الذي اخترع هذه الآلة البدائية . ولكن الواقع أن شخصاً ما تناول عصا غليظة ذات يوم ووضع طرفها أسفل الصخرة وركزها على حجر صغير وأخذ يضغط على العصا . هل يمكنك أن تتخيل فرحة هذا الرجل عندما نجح

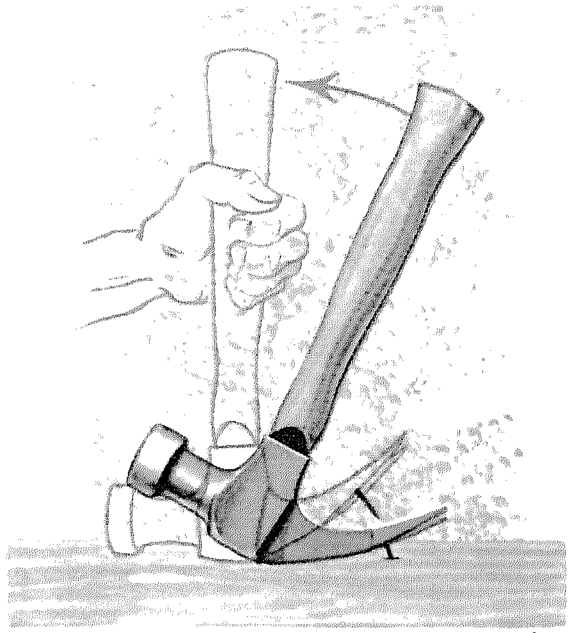




في تحريك الصخرة بدون أن يبذل مجهوداً كبيراً ؟ انه لم يكن يدرك وقتئذ انه اخترع « الرافعة البسيطة » . لقد وجد هذا الرجل البدائي بالتجربة انه كلما أطال الرافعة أمكنه رفع أثقال أكبر بمجهود أقل . تعلم هو ذلك بنفس الكيفية التي تعلمت بها أنت المكان المناسب للجلوس على الأرجوحة بحيث يمكنك أن ترفع زميلك حتى لو كان أكبر منك وزناً . إن الأرجوحة تعتبر أيضاً رافعة .

إن قطعة الحجر الصغيرة في الصورة الأولى والنقطة المتوسطة في الأرجوحة لهما نفس الوظيفة : تهيئة « نقطة ارتكاز » للرافعة والطرف الذي تؤثر عنده القوة يسمى « المجهود » أو « القوة » والطرف المقابل يسمى « المقاومة » .

لا يشترط أن تكون الرافعة مستقيمة في جميع الأحوال مثل عصا رجل الكهف أو لوحة الأرجوحة . فهي قد تكون منحنية أحياناً . فأنت تستخدم رافعة منحنية عندما تنزع مسماراً باستعمال



أنت تستعمل رافعة عندما تستعمل القدوم لخلع المسمار .

قدوم بمخلب . إنك تدفع اليد إلى الخلف حتى تنزع المسمار . وبذلك ترى أن هذه الآلة البدائية ما زالت تستخدم بشكلها الأولي تقريباً في المنزل والحديقة وتدخل في كثير من المكنات المعقدة .

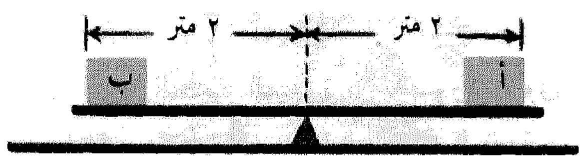
ما هو قانون الروافع ؟

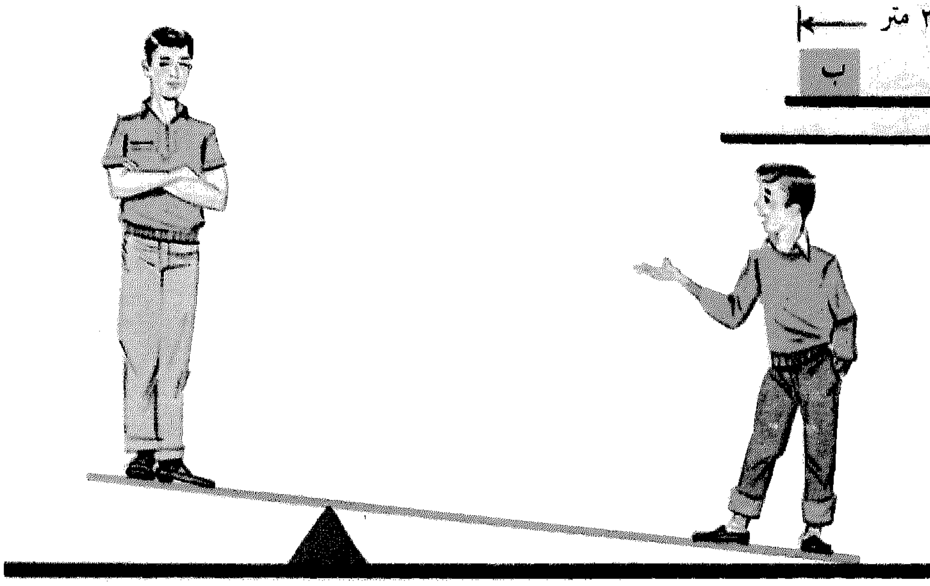
رغم أن رجل الكهف استخدم الرافعة إلا أن قانون الروافع لم يكتشف إلا بعد ذلك بآلاف السنين – عام ٢٤٠ قبل الميلاد – اكتشفه العالم الإغريقي أرشميدس . وهو ينص على أن الجسمين أ ، ب يكونان في حالة اتزان إذا كان وزن الجسم أ مضروباً في بعده عن نقطة الارتكاز يساوي وزن الجسم ب مضروباً في بعده عن نقطة الارتكاز . ويسمى بعد القوة المؤثرة على المكنة عن نقطة الارتكاز « ذراع القوة » وبعد المقاومة عن نقطة الارتكاز يسمى « ذراع المقاومة » .

ما هي الدرجات الثلاث للروافع ؟

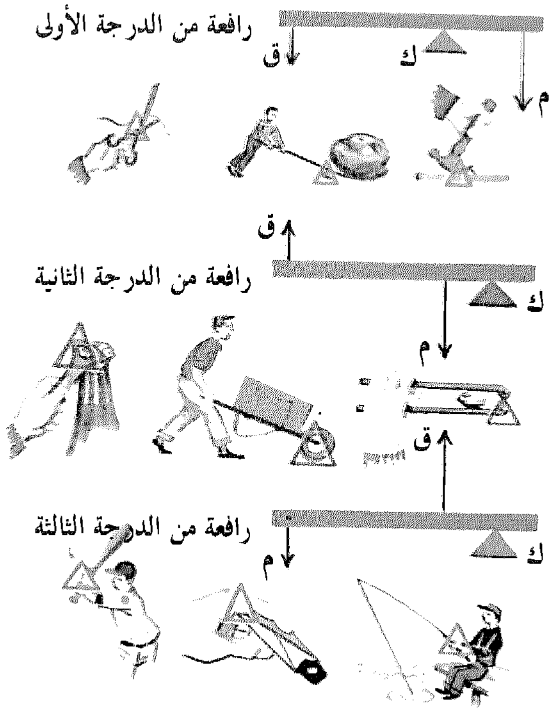
توجد ثلاث درجات من الروافع تتوقف على الوضع النسبي لكل من القوة(ق) ونقطة الارتكاز (ك) والمقاومة(م) .

في روافع الدرجة الأولى تكون(ك) بين (ق) ،(م) . ومن أمثلة روافع الدرجة الأولى العتلة ، والأرجوحة ، ويد المضخة . يمكنك الآن بعد أن عرفت قانون أرشميدس أن تسلي أصدقاءك بأن تحسب النقطة التي تجلس فيها على الأرجوحة





يجب أن يقترب الولد الواقف إلى اليمين من نقطة الارتكاز حتى يحدث التوازن .



رافعة من الدرجة الأولى : نقطة الارتكاز (ك) بين القوة (ق) والمقاومة (م) . ورافعة من الدرجة الثانية : المقاومة (م) بين القوة (ق) ونقطة الارتكاز (ك) ورافعة من الدرجة الثالثة : القوة (ق) بين المقاومة (م) ونقطة الارتكاز (ك) .

لرفع زملاء أكبر منك وزناً ، أو أين تضع نقطة الارتكاز لتستطيع أن ترفعهم .

لماذا يعتبر المقص رافعة مزدوجة ؟

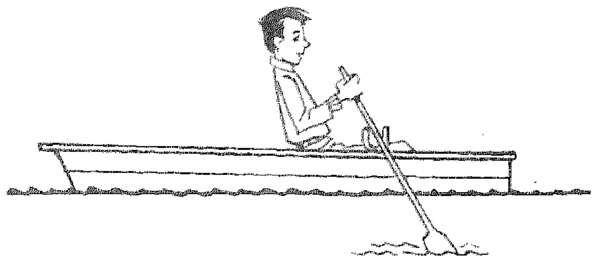
قد تستخدم رافعتين معاً لتكوين رافعة مزدوجة . ويعتبر المقص رافعة مزدوجة فالمسمار اللولبي (القلاووظ) الذي يجمع النصلين معاً هو نقطة الارتكاز . يمكنك إثبات « قانون الروافع » بنفسك باستخدام المقص ولوح من الورق المقوى إذ أنك لن تنجح في قص اللوح باستخدام أطراف المقص ولكنك ستنجح في ذلك إذا قربت اللوح من نقطة الارتكاز لأن قوتك سوف تزداد في هذه الحالة .

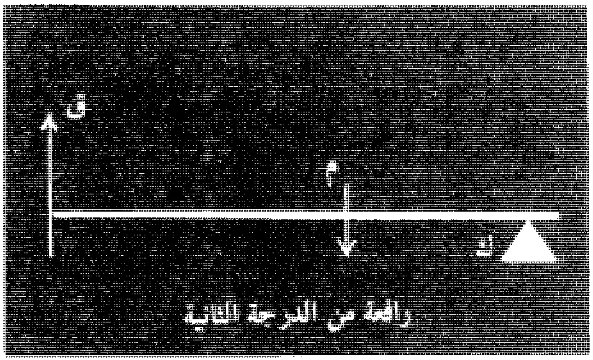
ما هي الرافعة من الدرجة الثانية ؟

رأينا أننا نستطيع تأدية عملٍ صعبٍ باستخدام قوة بسيطة إذا ضغطنا على الطرف البعيد للرافعة . انظر إلى مجدافي قارب صغير : إن نهاية المجداف هي نقطة تأثير القوة (ق) ومسند المجداف هو المقاومة (م) وطرف المجداف في الماء هو نقطة الإرتكاز (ك) . .

لاحظ ما يحدث أثناء التجديف : ان طرف





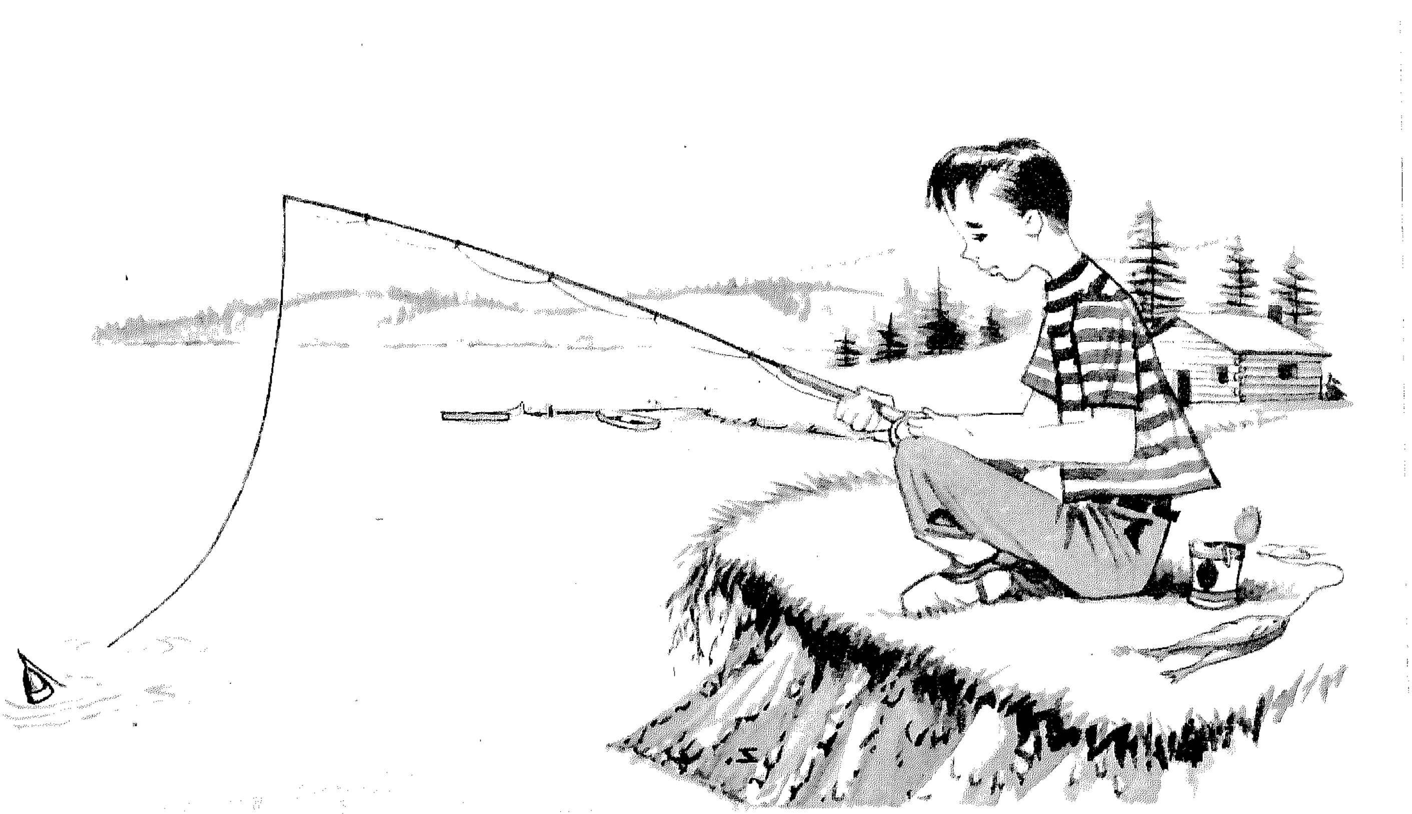


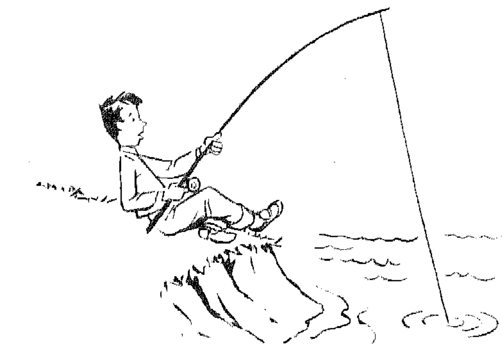
رافعة من الدرجة الثانية

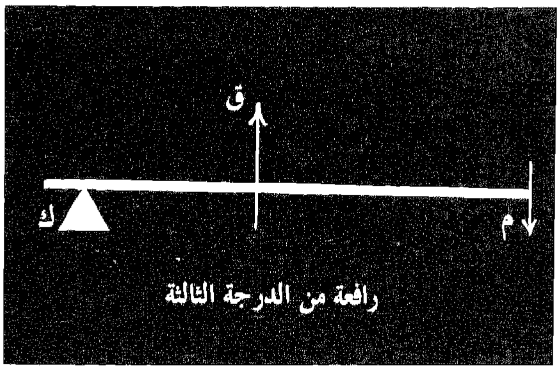
القوة في يدك يتحرك أسرع من طرف المقاومة (مسند المجداف) أي ان المقاومة أكبر، ومعنى ذلك أننا نحرك القوة مسافة أكبر للحصول على دفع أكبر . وفي هذه الحالة كما في حالة الأرجوحة ، نضاعف المسافة أو السرعة للحصول على قوة أكبر .

ما هي الرافعة من الدرجة الثالثة ؟

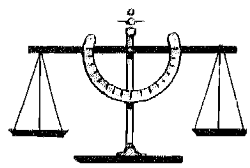
إذا كنت قد دهشت من أنك استعملت رافعة عندما ركبت الأرجوحة وأنك استعملت نوعاً ثانياً من الروافع عندما مارست رياضة التجديف فإن الأمر سوف يكون أكثر طرافة إذا علمت انك تستخدم نوعاً ثالثاً من الروافع عندما تصطاد







السمك بالقضيب (البوصة) والسنارة . ــ حاول أن تستنتج ذلك بنفسك . إن القوة تقع في هذه الحالة بين المقاومة ونقطة الإرتكاز أي أن (ق) توجد بين (م) ، (ك) . فنهاية القضيب القريبة منك هي نقطة الإرتكاز والقوة في مقبض يديك والمقاومة توجد عند الطرف البعيد للقضيب وبذلك نجد أننا لأول مرة نبذل قوة أكبر من المقاومة . وعندما تخرج السمكة من الماء سنلاحظ أن المقاومة تقطع مسافة أكبر من القوة . إن ملقط السكر ، وأيدينا وأرجلنا ، والمكنـة أمثلة أخرى لهذا النوع من الروافع . إننا في هذه الحالة نبذل قوة أكبر للحصول على مسافة أكبر وسرعة أعلى .



كيف تجري تجربة بالرافعة

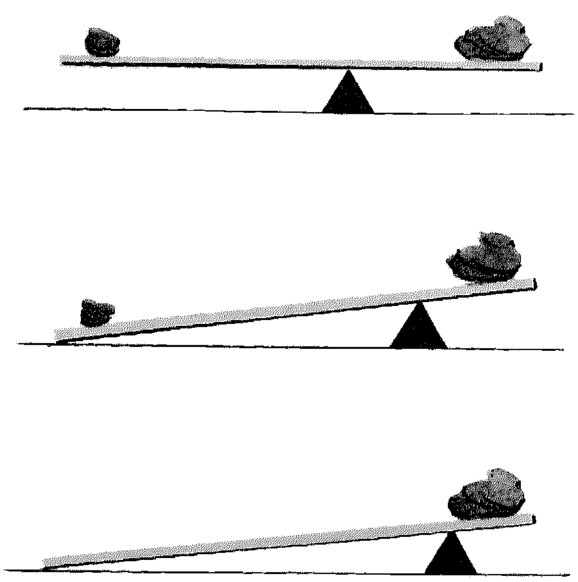
سنثبت قانون الروافع بطريقة ممتعة وذلك بإجراء التجربة البسيطة التالية : ــ

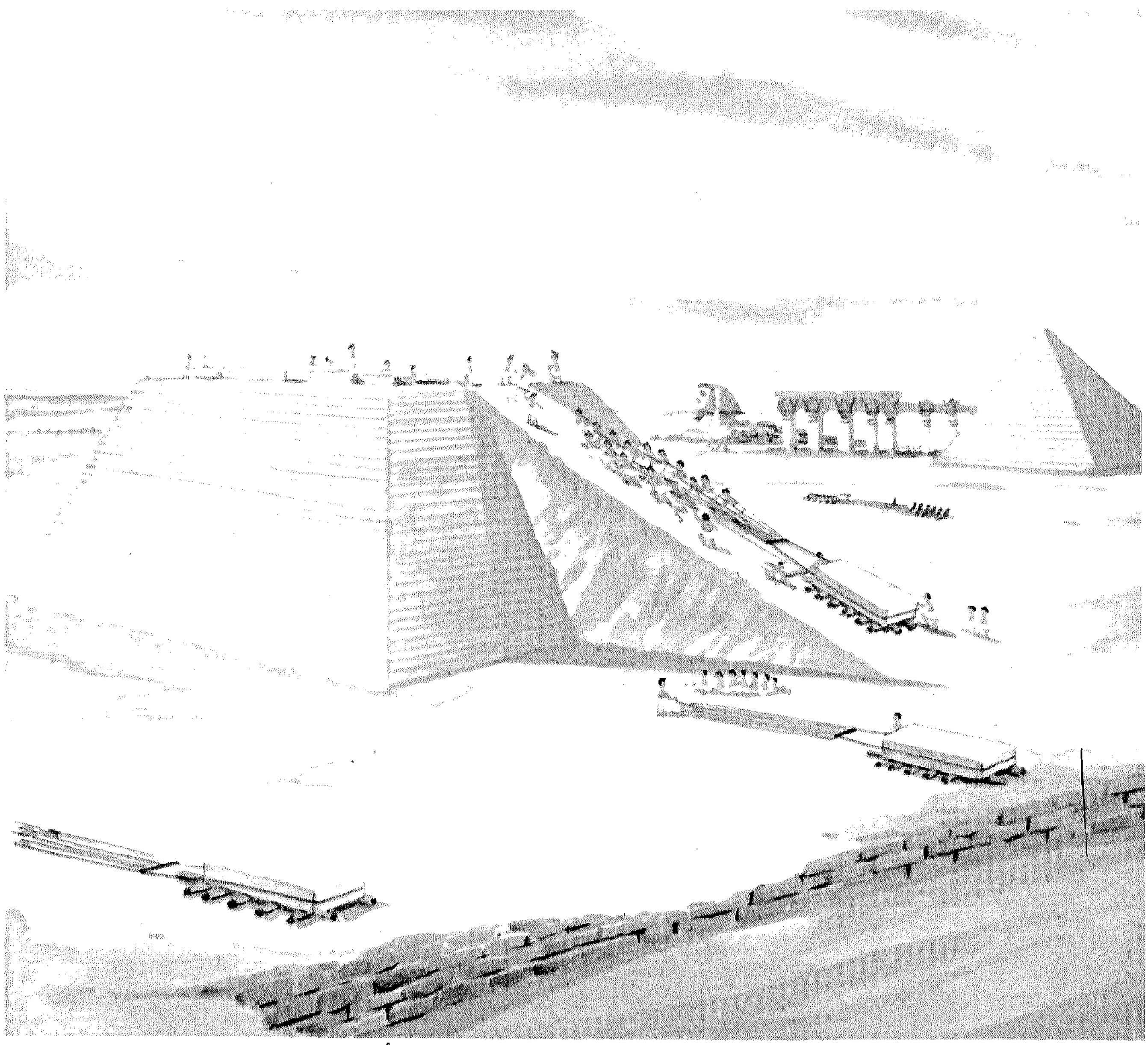
احضر مسطرة وقطعة خشب مثلثة وحجرين أحدهما كبير والآخر صغير ، ثم حاول أن تحل المسائل الآتية : ــ

١ – أين تضع نقطة الارتكاز لموازنة الحجرين ؟

٢ – أين تضع نقطة الارتكاز لرفع الحجر الأكبر ؟

٣ – هل يمكن إزاحة نقطة الارتكاز حتى يكفي وزن المسطرة وحده لرفع الحجر الأكبر .



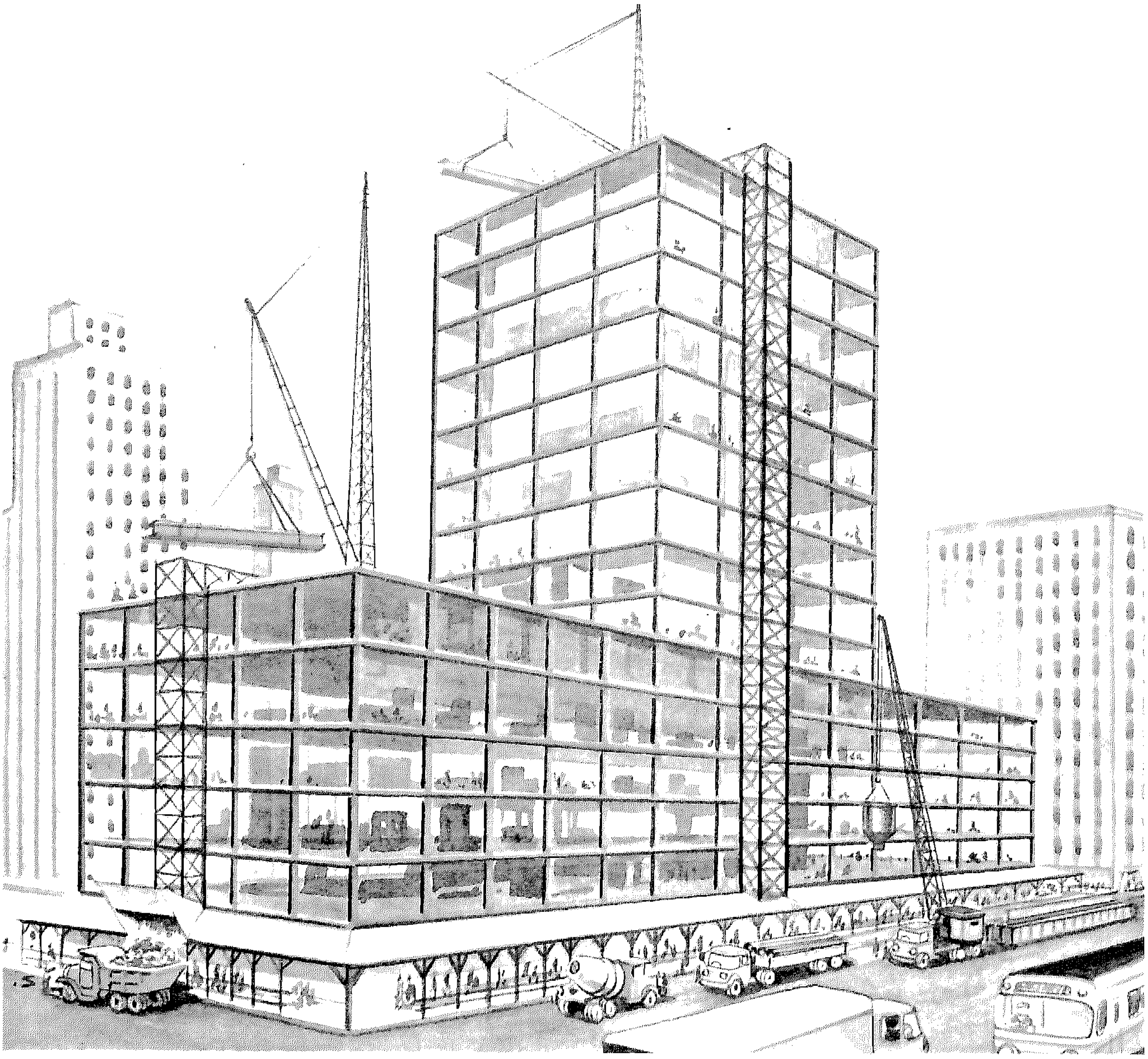


استعمل قدماء المصريين نظرية المستوى المائل عندما بنوا الأهرامات منذ ٤٠٠٠ سنة .

المستوى المائل

كيف يفيد المستوى المائل في عمليات البناء ؟

هل راقبت مرة عملية تشييد بناية ضخمة ؟ لعلك تعجبت لأن عدداً قليلاً من الرجال يقومون بعمل كبير في زمن قصير نسبياً . إذا كان الأمر كذلك فعليك في المرة القادمة أن تدقق النظر وستلاحظ أن كثيراً من المكنات يعاون الرجال في إنجاز عملهم ومنها الجاروف البخاري ، والحفارات الآلية ، والمصاعد التي تحمل مواد البناء إلى الأدوار العليا وكثير من المكنات الأخرى . ثم فكر في الأبنية الضخمة التي شيدها قدماء المصريين ومن بعدهم قدماء الرومان والإغريق . من المرجح أنك شاهدت أهرامات الجيزة التي بناها الفراعنة لتكون قبوراً لهم ولملكاتهم . لك أن تتصور كيف بنوا هذه المنشآت الضخمة بدون مساعدة الأوناش أو الجواريف البخارية ــ إذ لم يكن يتوفر لهم من مصادر القدرة سوى الجهد البشري .



يستخدم عدد أقل من العمال في زمن أقل وعدد أكبر من المكنات لبناء ناطحات السحاب عما استخدم في بناء الأهرامات .

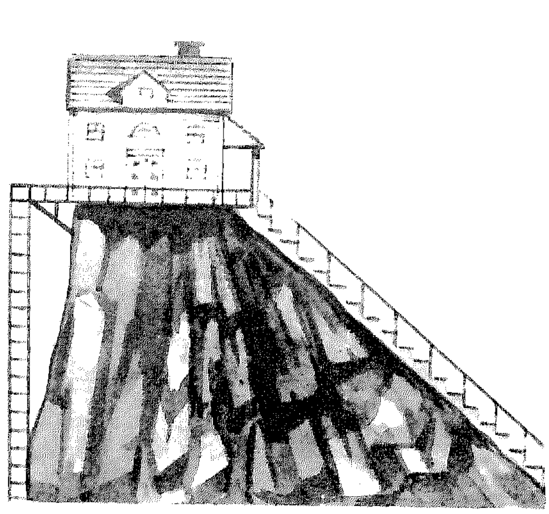
قام أحد العلماء بحساب كميات الأحجار التي شيد بها الهرم الأكبر (عام ٢٨٨٥ قبل الميلاد) ووجد أنها عبارة عن ٢,٣٠٠,٠٠٠ كتلة من الحجر الجيري تزن كل واحدة منها حوالي ٢,٥ طن . ولقد عمل في بناء الهرم الأكبر مائة ألف رجل لمدة عشرين عاماً . كيف تمكنوا من رفع هذه الأحجار الضخمة ؟ لم تسعفهم الروافع كثيراً ، ولم تكن تتوفر لديهم المصاعد ولكنهم كانوا يعرفون المنحدر أو السطح المائل . وهو أحد الآلات البسيطة : إن المستوى المائل لم يساعدهم على سرعة إنجاز العمل مثل المكنات الحديثة ولكنه مكنهم من تنفيذ المشروع .

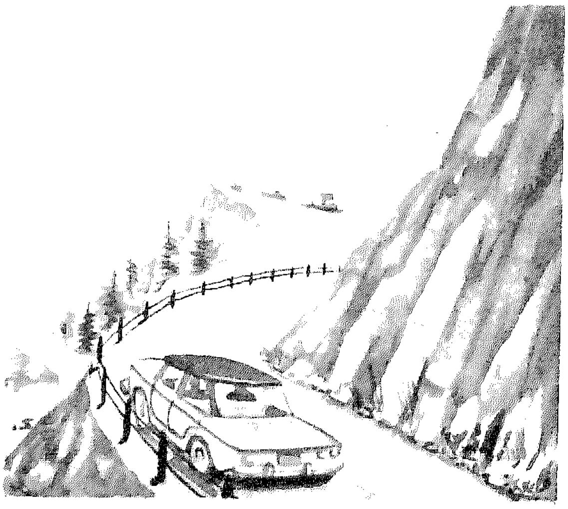
كيف يسهل المستوى المائل العمل ؟

هل لاحظت أن أسهل طريق لصعود الجبل هو الطريق الطويل ؟ ربما لاحظت أيضاً أنه من الأيسر صعود عدد كبير من درجات السلم الصغيرة للوصول إلى نفس الإرتفاع لقد لاحظ قدماء المصريين هذه الظواهر أيضاً فقاموا ببناء منحدر وسحبوا الكتل الحجرية فوقه بدلاً من رفعها إلى أماكنها . لقد اتبعوا ـ وإن كان على نطاق



أكبر ـ نفس الأسلوب الذي يستخدمه عامل في شحن عربة نقل بالبراميل ، إذا كان كل برميل منها أثقل من أن يرفعه بنفسه . فالعامل يستعين بلوح خشبي سميك يضع أحد طرفيه على الأرض والطرف الآخر على أرضية عربة النقل ثم يدحرج البرميل صعوداً من الأرض إلى ظهر العربة . وهذا هو ما يعنيه السطح المائل بالضبط : سطح مستو أحد طرفيه أعلى من الطرف الآخر . إن الطريق الجبلي مستوى مائل . ويستخدم المستوى المائل لنقل جسم ثقيل يصعب رفعه مباشرة إلى أعلى . وكما هي الحال في الرافعة فإن ذلك يتم باستخدام قوة أصغر خلال مسافة أطول . ويظل مقدار الشغل المبذول متساوياً سواء أكان المستوى المائل





الدرج المائل أطول من السلم الرأسي إلا أن الوصول إلى المنزل بالدرج المائل أقل مشقة . الطريق الجبلي الملتوي مستوى مائل .

قصيراً أم طويلاً ولكن تحريك الحمل مسافة أطول أيسر من تحريكه مسافة أقصر . فكلما قلت زاوية ميل المستوى زادت المسافة وقلت القوة اللازمة لتحريك الجسم .

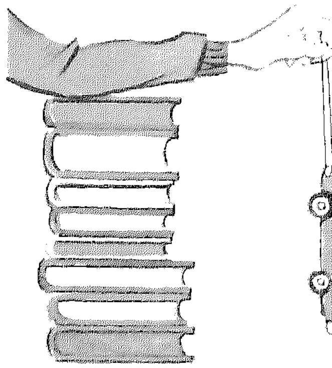
كيف تستنتج قانون المستوى المائل ؟

يطبق هنا نفس قانون الروافع أي أن :
المقاومة × المسافة = القوة × المسافة .

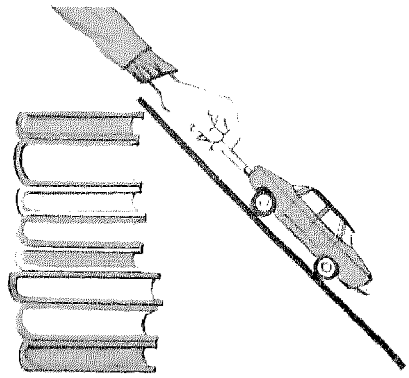
فلنجرب ذلك بأنفسنا . لو أردت رفع جسم وزنه عشرون كيلوجراماً إلى ارتفاع متر ونصف وكان لديك لوح خشبي طوله ثلاثة أمتار لتصنع منه مستوى مائلاً ، فإنك ستحتاج إلى قوة مقدارها ١٠ كيلوجرامات فقط . لأن الإرتفاع فوق سطح الأرض يساوي نصف طول المستوى ، إن حسابنا هذا صحيح ولكننا لم نأخذ في الاعتبار قوة الاحتكاك ، وهي المقاومة التي تنشأ عندما يتحرك جسم على جسم آخر . يمكننا في المثال السابق أن نقول باطمئنان إن القوة المطلوبة سوف تزيد قليلاً عن عشرة كيلوجرامات لرفع عشرين كيلو جراماً . وكلما زادت ملاسة المستوى المائل والجسم المطلوب تحريكه عليه قلت المقاومة . وتقل المقاومة أكثر إذا كان الجسم يتحرك على عجلات . لذلك نجد أن العاملين بشركات نقل الأثاث المنزلي يضعون القطع الثقيلة على عصى غليظة لدحرجتها قبل وضعها على المستوى المائل .

لحساب الفائدة الميكانيكية من استعمال المستوى المائل فعليك بقسمة طول المستوى على الارتفاع . أي أنها في المثال السابق تساوي ٣ ÷ ١,٥ أي ٢ .

كيف تجري تجربة بمستوى مائل



ضع كومة من الكتب ارتفاعها حوالي نصف متر على منضدة . اربط عربة من عربات لعب الأطفال بشريط من المطاط وضع ساعدك على كومة الكتب واترك العربة تتدلى رأسياً ولاحظ مدى استطالة الشريط المطاط .



ثم ضع لوحاً يرتكز أحد طرفيه على المنضدة والطرف الآخر على حافة كومة الكتب واجذب العربة صعوداً على المستوى المائل . لاحظ أن استطالة الشريط المطاط أقل من الحالة الأولى . يمكنك إجراء التجربة بدقة علمية إذا استخدمت ميزاناً زنبركياً . استبدل بالشريط المرن الميزان الزنبركي وسيمكنك معرفة مقدار القوة اللازمة لرفع العربة في كلتا الحالتين .

الإسفين (الخابور)

ما هي علاقة الإسفين بالمستوى المائل ؟

عندما استخدم القدماء أداة حجرية لسلخ جلود الحيوانات فإن هذا الحجر كان في الواقع أحد الآلات الأساسية الست ـ الاسفين ـ إنهم لم يدركوا أنهم يستخدمون آلة أساسية ، وإنما أدركوا فقط أن هذه الوسيلة تساعدهم على إنهاء عملهم بمجهود أقل . وكان قدماء المصريين أكثر دراية بالفائدة الميكانيكية للاسفين وكانوا يصنعونه



استعمال الاسفين يسهل عملية فلق الخشب .

بوضع مستويين مائلين ظهراً إلى ظهر .

كيف يستخدم الإسفين ؟

يستعمل الإسفين للتغلب على المقاومات الكبيرة . ويستعمل في أغلب الأحيان للقطع أو للفلق ، كما في حالة دق اسفين في نهاية جذع شجرة لفلقه طولياً . والواقع أن معظم أدوات الخرق والفلق كالبلطة وإبرة الحياكة والسكينة ومسحاج (فارة) النجار هي أشكال مختلفة من الإسفين .

ما ميزة استخدام الاسفين ؟

يمكنك أن تفهم مزايا الإسفين إذا فكرت فيما يحدث لو كانت السكين أو الإبرة منثلمة أو مسحاج (فارة) النجار بدون سلاح . إلا أنه من الصعب إلى حد ما حساب الفائدة الميكانيكية للإسفين بدقة ، كما حسبناها للرافعة وللمستوى المائل ، وذلك لصعوبة حساب الاحتكاك . ولأن القوة المؤثرة غير منتظمة مثل باقي المكنات . ولكنها متقطعة حيث تؤثر بعدد غير منتظم من الضربات .

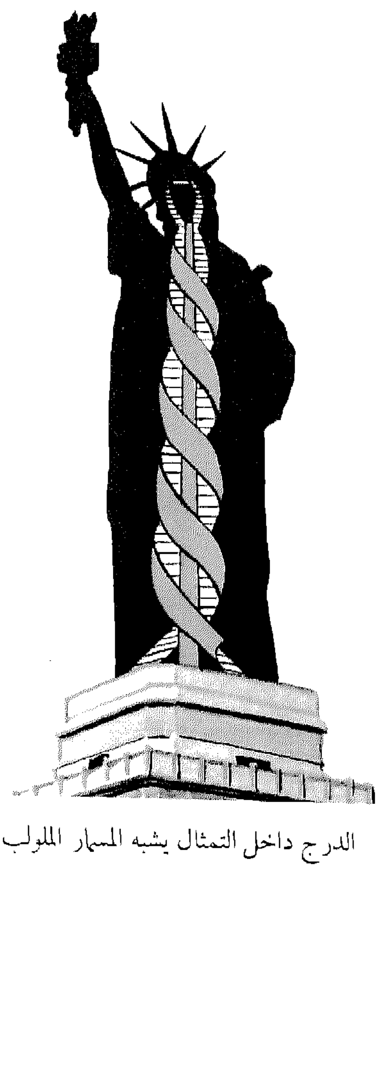
اللولب



ما علاقة اللولب بالمستوى المائل ؟

لقد تعرفنا على المستوى المائل وعلى الاسفين . وسنتعرف الآن على آلة بسيطة أخرى : اللولب . يعتبر الدرج الداخلي لتمثال الحرية بمدينة نيويورك من أوضح النماذج لهذه الآلة البسيطة فهو عبارة عن درج حلزوني حاد له ١٦٨ درجة توصل إلى شرفة في جبهة التمثال . ولكن هل تستطيع إدراك علاقة اللولب بالمستوى المائل ؟

إن اللولب مستوى مائل ملفوف على عامود أو أسطوانة . وتستخدم المسامير الملولبة (مسامير القلاووظ) عادة لربط الأشياء ، مثل المسامير الملولبة الخشبية (مسامير البورمة الخشابي) المبينة بجوار تمثال الحرية . ولكننا نستطيع استخدام المسامير الملولبة الكبيرة لرفع الأشياء .



الدرج داخل التمثال يشبه المسمار الملولب .

هل جلست على كرسي البيانو وحاولت رفع نفسك بتلفيف الكرسي ؟ أو هل رأيت مرفاع العربة (الكريك) ؟ أم هل أتيحت لك فرصة مشاهدة المنظر المثير لعمال يرفعون منزلاً بواسطة مرافع لولبية ؟ .

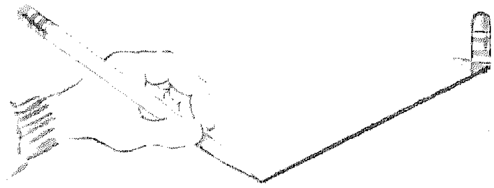
ما هي الخطوة ؟

كلما أدير اللولب لفة واحدة فإنه يتقدم مسافة طولية تساوي البعد بين مجريين وهذه المسافة تسمى الخطوة . والفائدة الميكانيكية تساوي المسافة التي تتحركها القوة مقسومة على الخطوة . إذا رأيت مرفاعاً كبيراً أثناء تشغيله فستقتنع بأن المرفاع يحقق أكبر فائدة ميكانيكية من بين جميع الآلات البسيطة .



من الاستخدامات العملية لمبدأ اللولب : رفع المنازل والسيارات وضبط ارتفاع كرسي البيانو .

كيف تصنع لولباً من مستوى مائل



الأدوات اللازمة :

قطعة ورق مربعة ٧ × ٧ سم تقطع قطرياً بحيث تحصل على مستويين مائلين .

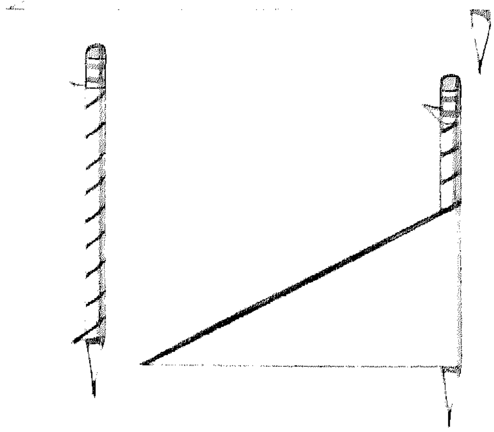
قلم رصاص مستدير .

قلم رصاص ملون .

اتبع الخطوات التالية :

لون الحرف الطويل للورقة الذي يشكل المستوى المائل .

لفف الورقة حول قلم الرصاص .



إن المستوى المائل لا يزال موجوداً بالطبع على القلم الرصاص ويمكنك إثبات ذلك بامرار سن قلم رصاص آخر على حرف الورقة الملونة . ستجد أنه يصعد « الطريق » .

كيف نستعمل المسامير الملولبة

الأدوات اللازمة :

أربع قطع من الخشب (يمكنك أن تأخذها من صندوق خشبي صغير) .

مسمار عادي .

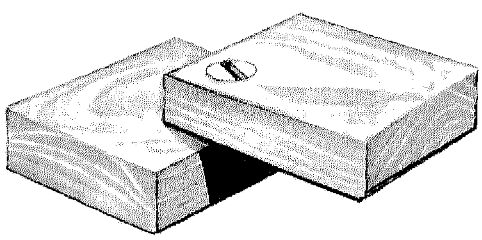
مسمار ملولب صغير

مطرقة

مفك

اتبع الخطوات التالية :

ضع قطعتين من الخشب إحداهما فوق الأخرى ثم دق المسمار فيهما . تأكد من أنهما مثبتتان جيداً . افعل نفس الشيء بالقطعتين الخشبيتين الأخريين ـ ولكن باستعمال المسمار الملولب والمفك . حاول أن تفصل القطع من بعضها البعض . أي قطعتين أكثر تماسكاً من القطعتين الأخريين ؟ لماذا ؟ أي قطعتين استلزمتا مجهوداً أكبر لربطهما معاً ؟ لماذا ؟ هل هناك مبرر للمجهود الإضافي الذي بذلته في تربيطهما بالمسمار الملولب والمفك ؟ .



العجلة

ما هي أهمية اكتشاف العجلة ؟

تأمل في الأشياء الموجودة حولك في الشارع أو في المنزل أو في أي مكان تذهب إليه وفكر فيما سيحدث بدون عجلة . لن تكون هناك حينذاك أي وسائل للنقل ، ولن توجد المكنات الحديثة بل ومعظم المكنات البسيطة .

إن معظم المكنات تستخدم في الواقع العجلة بطريقة أو بأخرى .

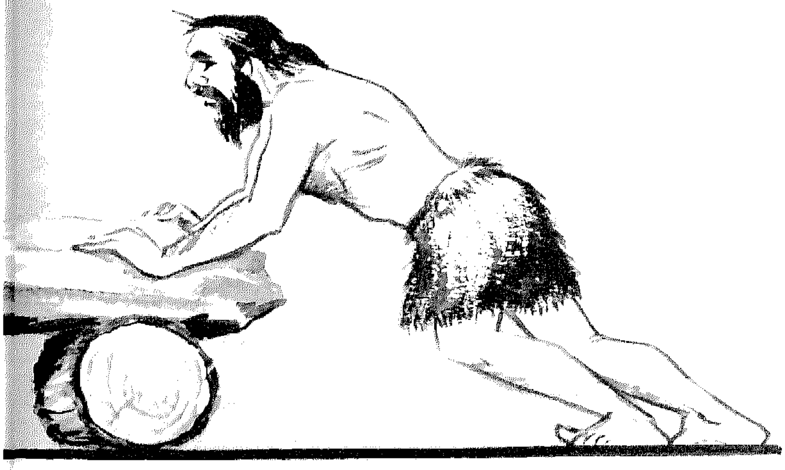
ماذا تعرف عن تطور العجلة ؟

كما أننا لا نعرف من اخترع الآلات البسيطة الأخرى ، كذلك فإننا لا نعرف على وجه التحديد من اخترع العجلة بل إننا لا نعرف أين ومتى استخدمت لأول مرة . يمكننا أن نفترض أن الرجل البدائي لاحظ أن الجسم المستدير يتحرك بسهولة أكثر من أي جسم آخر . ويمكننا أن نفترض كذلك أنه استخدم جذوع الشجر لدحرجة الأحمال لمسافات بسيطة ولكنها لم تكن عجلات حقيقية . ونحن نعرف أن استخدام السومريين للعجلة يرجع إلى عام ٤٠٠٠ قبل الميلاد . وكانت عبارة عن قرص ثقيل في وسطه محور . إنها لم تكن تشبه العجلة المستخدمة الآن . إلا أنها كانت مستديرة وتؤدي نفس وظيفة عجلاتنا الحالية .

ثم طرأ تحسين جديد على العجلة عندما زودت بقضبان مستعرضة (برامق) لتقويتها . ولقد صنع المصريون القدماء عجلات ذوات برامق من البرونز وكانت أكثر متانة وأخف وزناً من العجلات السابقة وقريبة الشبه من العجلات الحالية .

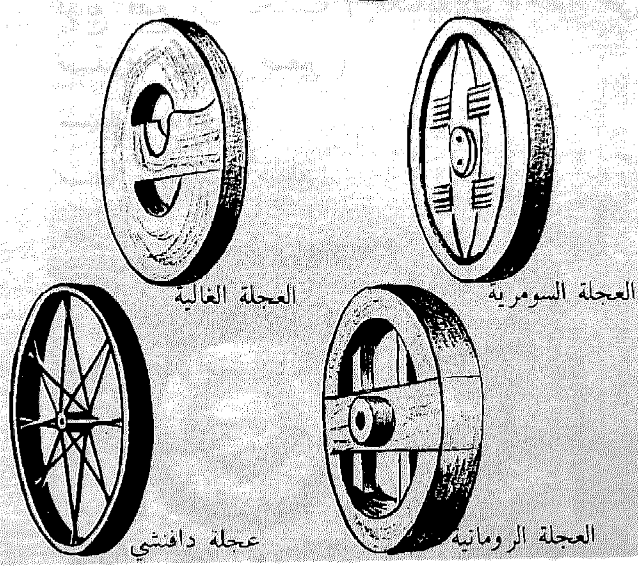
ومن المؤكد أنها كانت العجلة الرائدة لعجلات

استخدم الرجل البدائي جذوع الشجر لتحريك الأجسام الثقيلة .





العربة الرومانية



أفضل وأدق أدت إلى تيسير العمل للجميع .

ثم قام الرسام والمخترع الإيطالي ليوناردو دافنشي الذي عاش من حوالي خمسمائة عام باجراء تحسينات تالية على العجلة بأن جعلها أكثر متانة وأخف وزناً من ذي قبل .

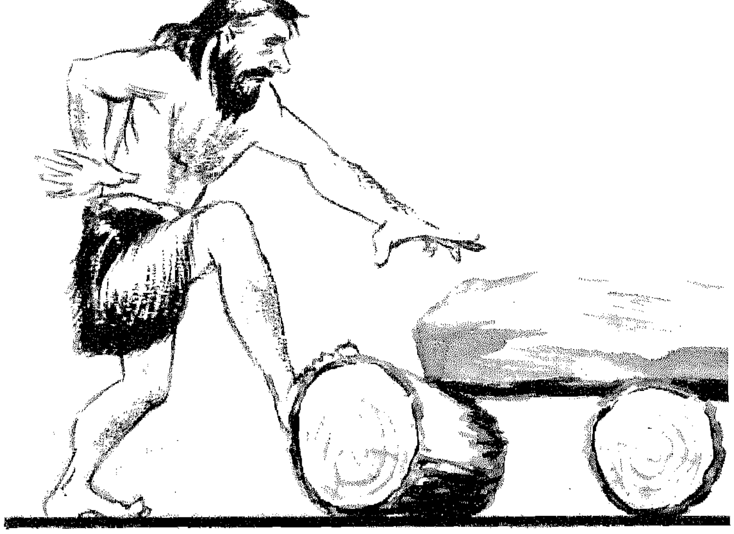
لماذا تعتبر العجلة آلة أساسية ؟

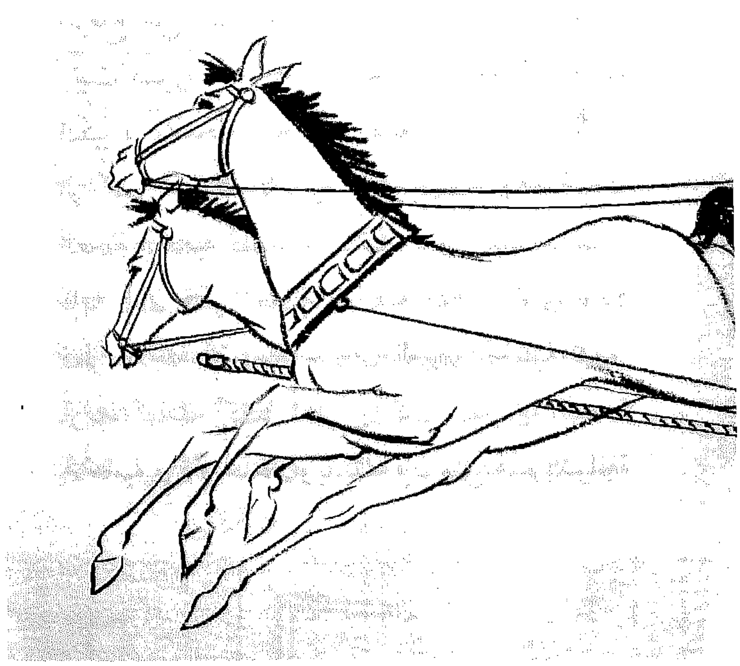
لا تعتبر العجلة في حد ذاتها آلة أساسية ولكنها تصبح كذلك إذا ألحقنا بها محوراً أو عجلة أخرى . والواقع أن المحور ليس سوى عجلة ثانية مثبتة بإحكام مع العجلة الأولى بحيث يدوران معاً .

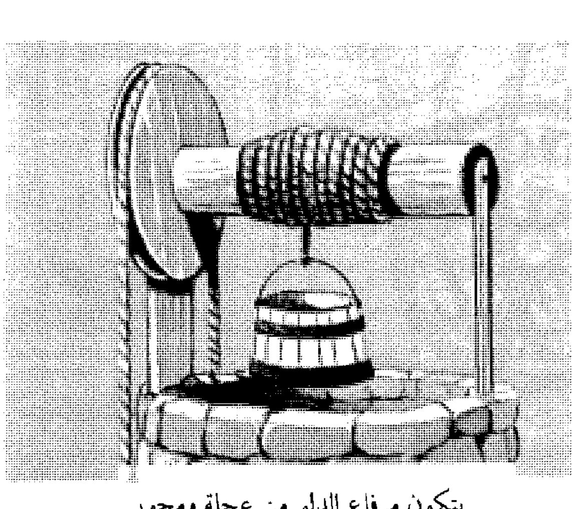
لندرس معاً مبدأ العجلة والمحور المطبق في آلة يستخدمها الفلاحون منذ قديم الزمن لرفع الماء من الآبار وهي مرفاع الدلو .

يتضح من الصورة أن مقاس العجلة الكبيرة أربعة أضعاف مقاس المحور المثبتة عليه ، أي أن محيط العجلة يبلغ أربعة أضعاف محيط المحور . وحيث أن المحور يدور دورة واحدة كلما دارت العجلة دورة واحدة (لأنهما مثبتان معاً) فانك تجذب أربعة أمتار على البكرة للف متر واحد فقط على المحور وبذلك يمكنك أن تبذل ربع القوة فقط في رفع الدلو بالمرفاع .

يمكنك كذلك تطبيق قوانين الروافع على العجلة والمحور . فكلما دارت العجلة الكبيرة لفة واحدة فإنها تتحرك دائرة محيطها أربعة أمتار مثلاً ، ويتحرك الدلو الذي يزن ٢٠ كيلوجراماً متراً واحداً فقط إلى أعلى في البئر . هل تتذكر قانون الروافع ؟ :







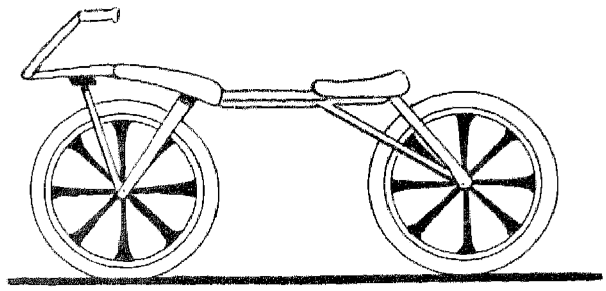
يتكون مرفاع الدلو من عجلة ومحور .

القوة × طول ذراع القوة = المقاومة × طول ذراع المقاومة .

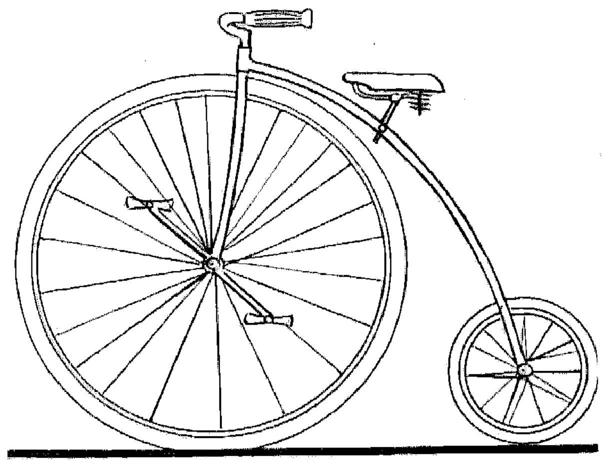
وفي المثال الحالي : -

٢٠ (المقاومة) × ١ (طول ذراع المقاومة) = ٤ (طول ذراع القوة) × ٥ أي أن قوة مقدارها ٥ كيلوجرامات ترفع دلواً من الماء وزنه ٢٠ كيلوجراماً وعلى ذلك فإن الفائدة الميكانيكية تساوي ٤ .

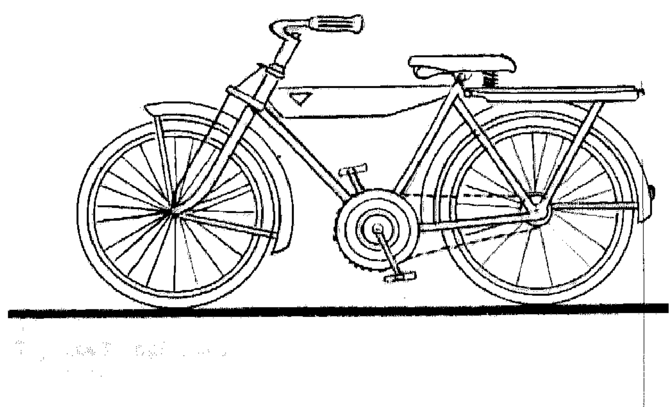
ولقد طبقت فكرة العجلة والمحور في مثال المرفاع على صناعة الدراجات المبكرة . لعلك رأيت صوراً للدراجة القديمة ذات العجلة الأمامية الكبيرة والعجلة الخلفية الصغيرة . كلما أدار الراكب العجلة الأمامية الكبيرة مرة واحدة فإن العجلة الخلفية الصغيرة كانت تدور عدة مرات . فإذا كان قطر العجلة الخلفية مثلاً يساوي ٤/١ قطر العجلة الأمامية نجد أن العجلة الخلفية تدور أربعة لفات كلما أدار راكب الدراجة العجلة الأمامية مرة واحدة . وبذلك فإن مثل هذه الدراجة

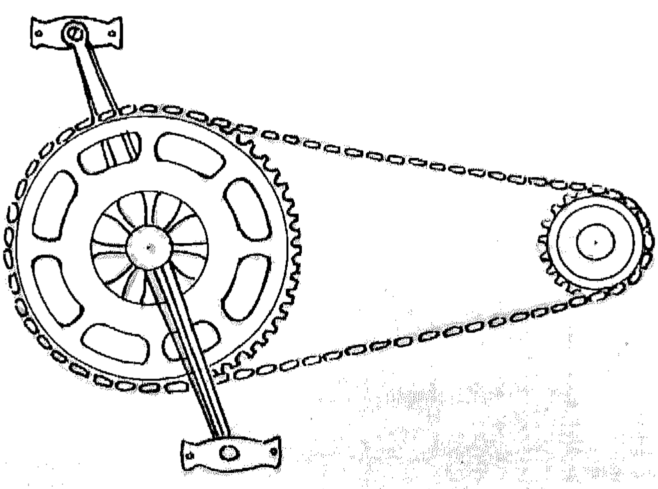


كانت الدراجات الأولية بدون بدالات .



ثم ركب بدال للعجلة الأمامية الكبيرة .





بدال الدراجة الحديثة يدير العجلة الخلفية : الجنزير يدير العجلة الخلفية المسننة الصغيرة .

تسير بسرعة تساوي أربعة أضعاف سرعة دراجة ذات عجلتين صغيرتين .

كيف يمكن للعجلة أن تدير عجلة أخرى ؟

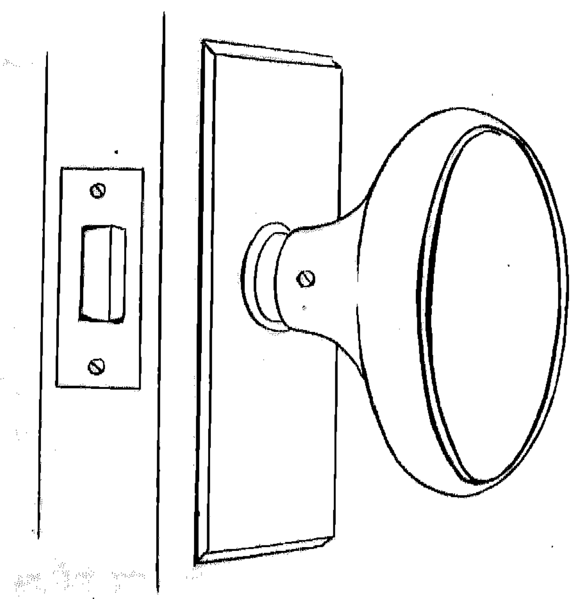
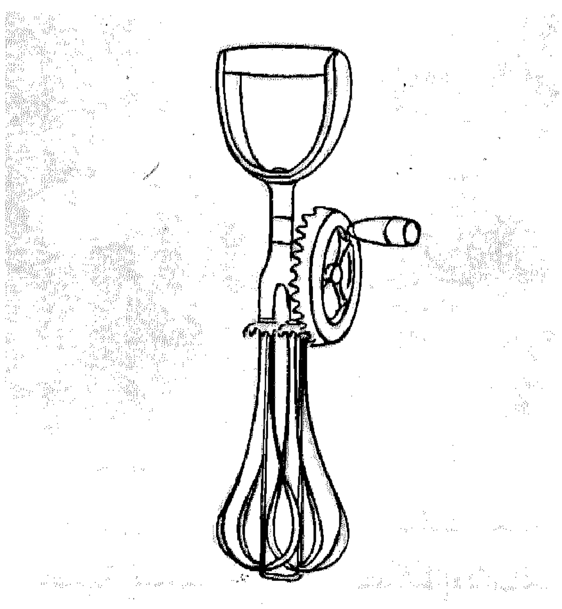
رأينا في المثالين السابقين لمرفاع الدلو والدراجة القديمة الكيفية التي تعمل بها العجلة والمحور . فلنتأمل الآن الدراجة الحديثة : نجد أنها تسير بسرعة أعلى وبطريقة أكثر سهولة من الدراجة القديمة ذات العجلة الأمامية الكبيرة والعجلة الخلفية الصغيرة رغم أن عجلتي الدراجة الحديثة متساويتان في القطر وبذلك قد يبدو تفسيرنا السابق غير سليم للوهلة الأولى ، ولكن فلندقق النظر أولاً .

لقد قام مخترع الدراجة الحديثة بتركيب عجلة مسننة وثبت بها مرفقاً ببدال في موضع يتوسط العجلة الأمامية والخلفية . ثم زودها بجنزير وبعجلة مسننة صغيرة مركبة على محور العجلة الخلفية بحيث يتوافق الجنزير تماماً مع أسنان العجلتين المسننتين فتدوران معاً . وعندما تدور العجلة المسننة الكبيرة مرة واحدة فإنها تدير العجلة المسننة الصغيرة عدة مرات وتدور معها العجلة الخلفية الكبيرة المثبتة بها . وبذلك نجد أن المبدأ الأساسي لم يتغير رغم ادخال تعديلات تبدو أكثر تعقيداً بالنسبة للدراجات الأولية .

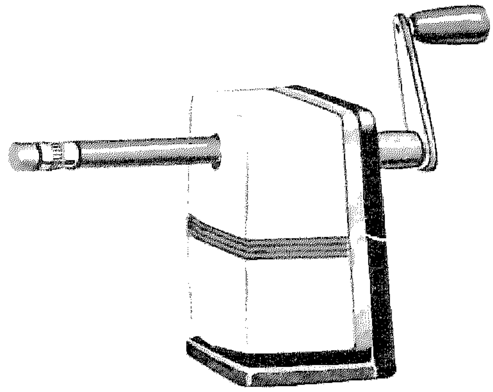
لسنا في حاجة لدراسة الموضوع إلى العودة إلى مرفاع الدلو أو الدراجة الحديثة المعقدة . ان مقبض الباب أو مكنة ضرب البيض عبارة عن عجلة كبيرة تدير عجلة صغيرة . إذا درسنا مكنة ضرب البيض نجد أنها عبارة عن عجلة مسننة كبيرة تدير عجلة مسننة صغيرة مباشرة بدون جنزير كالمركب في الدراجة الحديثة .

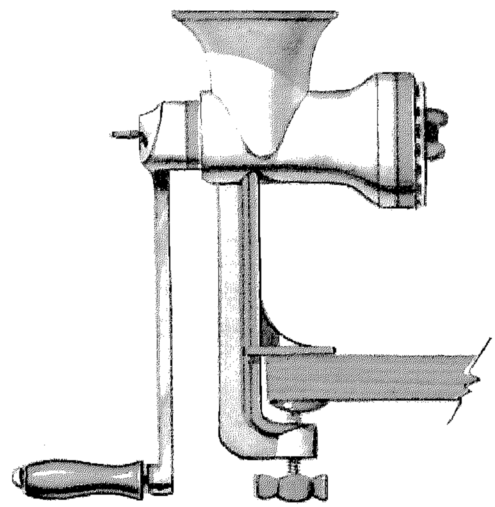
إن العجلة المسننة تسمى « الترس » والترس رغم بساطته جزء أساسي وهام في مكنة معقدة مثل السيارة .

ولتبسيط الفكرة في جميع المكنات الصغيرة والكبيرة : نقول إننا نستبدل بالعجلة الكبيرة ذراع

مكنة ضرب البيض ومقبض الباب مثالان يوضحان الاستعمالات العملية لمبدأ العجلة والمحور .





تحتاج مكنة فرم اللحم إلى ذراع أطول .

تدوير (مرفق) يعمل بمثابة عجلة . وحيث أن هذه الذراع تدير العجلات فاننا نجد أن مبراة الأقلام أو مكنة فرم اللحم أو ذراع تدوير محركات العربات الأولية كلها تتكون أساساً من عجلة ومحور .

لماذا نصنع يد مفرمة اللحم أطول من آلة سن القلم ؟

فلنحاول الآن اختبار معلوماتنا . إننا نعود مرة أخرى إلى قانون الروافع . حيث أن فرم اللحم يحتاج إلى قوة أكبر من بري القلم ، لذلك نحتاج إلى ذراع أطول للقوة للقيام بعملية الفرم بأقل جهد ممكن . لنقم أولاً بإجراء بعض التجارب باستخدام العجلة والمحور قبل أن ننتقل إلى شرح الآلة الأساسية الأخيرة وهي البكرة .

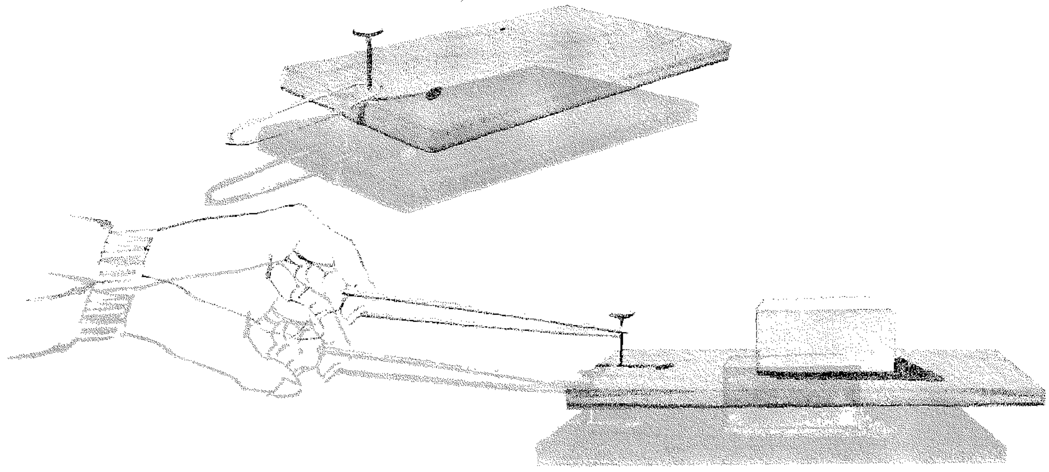
كيف تجري بعض التجارب باستخدام العجلة

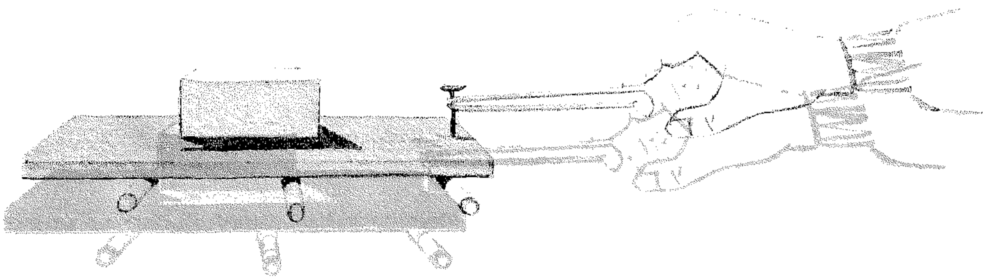
كيف تقلل من الاحتكاك ؟

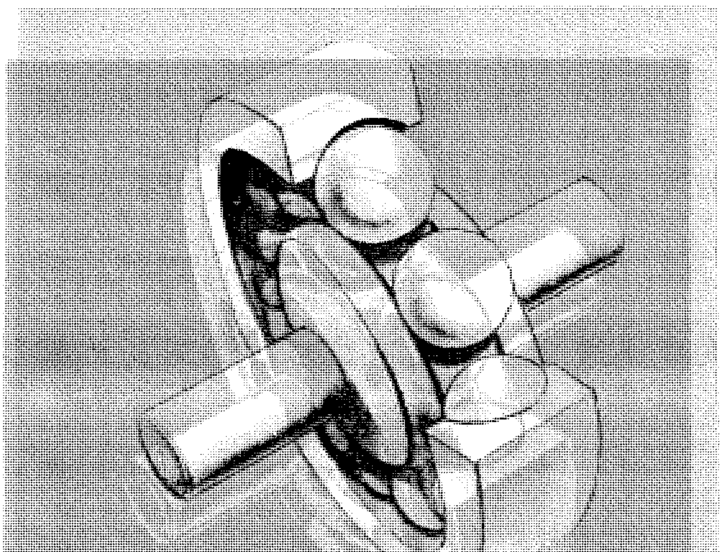
خذ لوحاً خشبياً صغيراً ودق مسماراً بالقرب من أحد طرفيه وأوصل به شريطاً من المطاط أو ميزاناً زنبركياً .

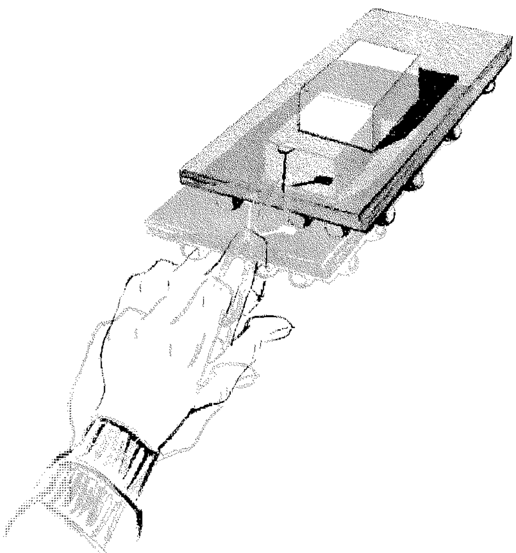
ضع ثقلاً على اللوح ثم اجذب الشريط المطاط (أو الميزان الزنبركي) برفق . يمكنك معرفة القوة المطلوبة لسحب اللوح عبر المنضدة إذا استخدمت الميزان الزنبركي ، أما في حالة شريط المطاط فعليك أن تتذكر مقدار استطالة الشريط أثناء السحب . ضع الآن ثلاثة أقلام تحت اللوح الخشبي واسحبه مرة أخرى . ستلاحظ أنك تحتاج إلى قوة أقل وأن استطالة الشريط أقل من المرة السابقة . ثم أجر التجربة باستخدام (بلي) الأطفال بدلاً من الأقلام الرصاص ستجد أن النتيجة تختلف مرة أخرى .

إن هذه التجارب تثبت لك أن الجسم المتدحرج أقل احتكاكاً من الجسم المنزلق والفرق بين









العجلات تقلل الاحتكاك ، ولذلك نجد أن الأجسام المتدحرجة تتعرض لمقاومة احتكاك أقل من الأجسام المنزلقة . إلى اليسار مقطع في محمل كروي (رولمان بلى) يوضح الكريات الصلب التي تقلل من الاحتكاك .

استخدام أقلام الرصاص وبلى الأطفال يناظر الفرق بين محامل الاسطوانات (رولمان البلح) المستعملة في الآلات الثقيلة ومحامل الكريات (رولمان بلى) المستخدمة في عجلات السيارات .

كيف تصنع عربة رافعة

الأدوات اللازمة :

صندوق سيجار .

دبابيس ربط الورق .

علبة كرتون فارغة .

قلم رصاص بممحاة .

مقص .

مشبك للورق .

فرجار .

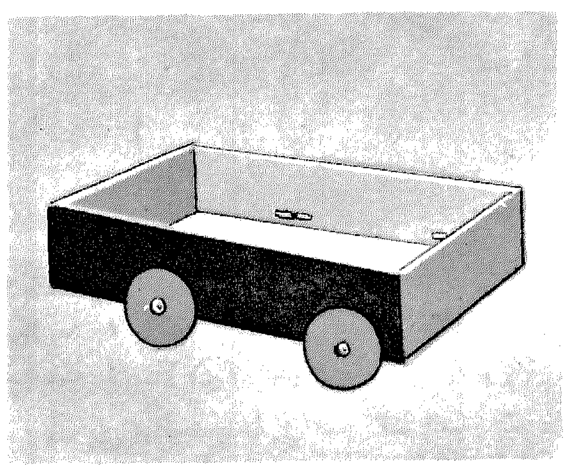
سكين .

علبة صغيرة مربعة طول ضلعها ٣ سم .

زردية .

اتبع الخطوات التالية :

ارسم على ورقة دائرة قطرها ٥ سم باستخدام الفرجار ثم اقطعها وبذلك يصبح لديك نموذجاً للعجلة . استخدم هذا النموذج في قطع أربع عجلات من العلبة الكرتون بالمقص . استخدم دبابيس ربط الورق كمحاور للعجلات وذلك بثقبها في منتصفها ثم امرار دبوس ربط الورق عدة مرات خلال الثقب لتوسيعه .



سيمكنك ثقب أربع ثقوب للمحاور في صندوق السيجار بسهولة حيث أنه يصنع غالباً من الورق الكرتون أو من الخشب الرقيق . ادخل دبابيس ربط الورق في ثقوب جوانب الصندوق ثم افتحها داخله وبذلك تثبت المحاور في جسم العربة .

حاول دحرجة العربة . إذا وجدت أن العجلات ليست متينة فجهز مجموعة أخرى من العجلات وثبت كل عجلتين معاً بدبابيس « دباسة » . يمكنك عمل باب يفتح من المؤخرة إذا شئت .

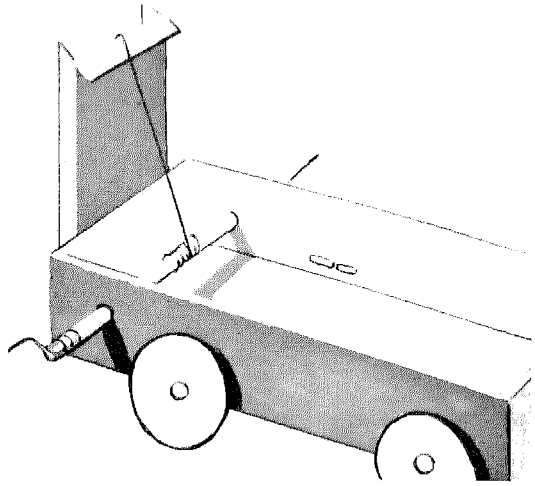
إن العربة أصبحت الآن معدة لتركيب عجلة الرفع والمحور عليها .

اعمل ثقبين عبر مقدمة العربة ومرر القلم خلالهما . اقطع جزءاً من مشبك الورق بالزردية وثبته في ممحاة القلم ليصبح يداً للعجلة والمحور (سؤال : هل تستطيع تمييز العجلة من المحور ؟)

أربط قطعة من الخيط المتين في القلم الرصاص ومن الأفضل عمل حز على سطح القلم حتى لا ينزلق الخيط . يمكن لف أو حل الخيط بإدارة يد العجلة والمحور .

يمكنك الآن صنع مدرج الرافعة . اقطع شريحة من علبة الكرتون عرضها ١٠ سم تقريباً واحن الجانبين الطويلين إلى الداخل .

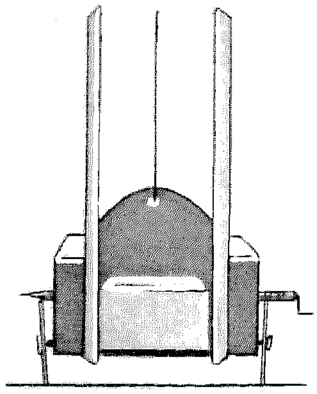
اقطع شريحة أخرى لتشكيل المنزلق طولها ثلث المدرج على أن تكون أضيق منه قليلاً . تحقق من أن المنزلق يتوافق في المدرج ويتحرك فيه بسهولة.

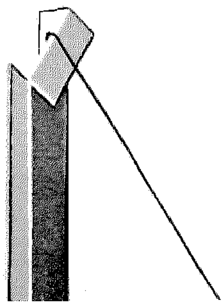


اعمل ثقباً في أعلى المنزلق واربط نهاية الخيط فيه .

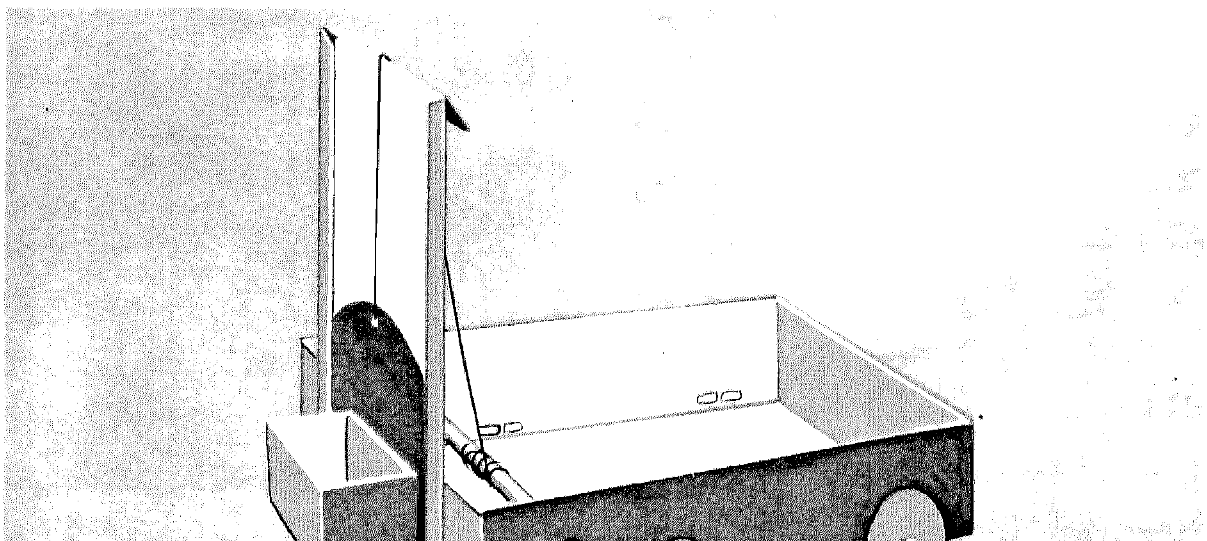
ثبت العلبة الصغيرة في المنزلق بدبابيس دباسة ثم ثبت مجموعة المدرج والمنزلق والعلبة في مقدمة العربة بدبابيس دباسة أو دبابيس ربط الورق .

تنويه آخر : تأكد من أن الحافة العليا للمدرج مدورة لينزلق الخيط بسهولة عليها .





ضع بعض الأثقال في العلبة الصغيرة ولفف العجلة والمحور (الملفاف) . يمكنك الآن البدء في تشغيل العربة الرافعة .



يمكنك صنع عربة رافعة كالمبينة بالرسم باتباع الإرشادات .

كيف تصنع مصعد بضاعة

الأدوات اللازمة :

علبة خشبية .

عصا متوسطة الطول .

سلك معدني للتعليق .

حبل .

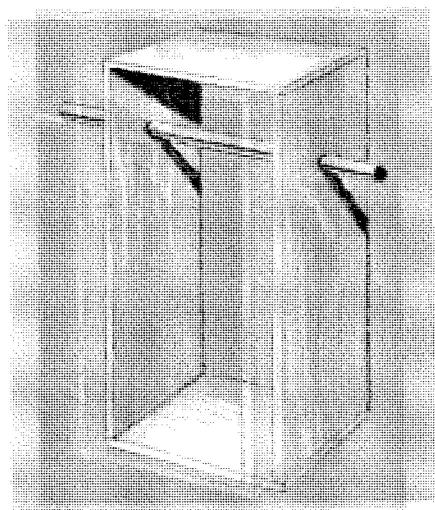
علبة صغيرة .

شريط لاصق .

اتبع الخطوات التالية :

إنزع قاع وغطاء العلبة الخشبية . يمكنك تقوية الجوانب باستخدام الزوايا حتى تكون متينة وتتحمل الأثقال الكبيرة .

اخرم ثقبين على مسافة ٥ سم من أعلى العلبة ومرر العصا خلال الثقبين ثم اعمل حزاً في وسط



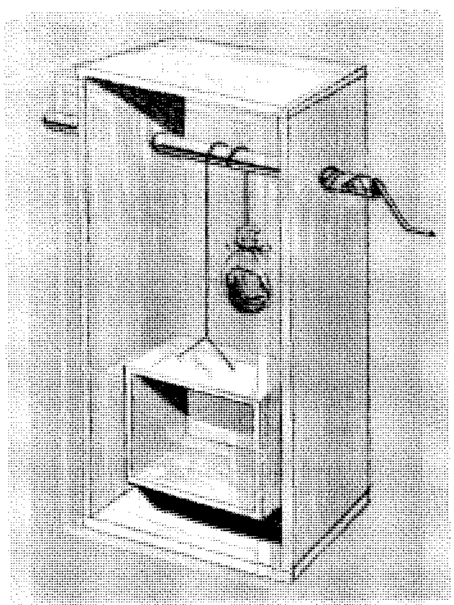
العصا لربط الحبل فيها .

اقطع حوالي ١٥ سم من السلك وشكله لتصنع منه يداً لإدارة العصا وثبتها بها بلف السلك عدة لفات متقاطعة واستعمل الشريط اللاصق للتأكد من متانة الرباط وأن اليد لا تنزلق على العـصا . يُفضل استعمال يد لعبة قديمة إذا توافرت لديك .

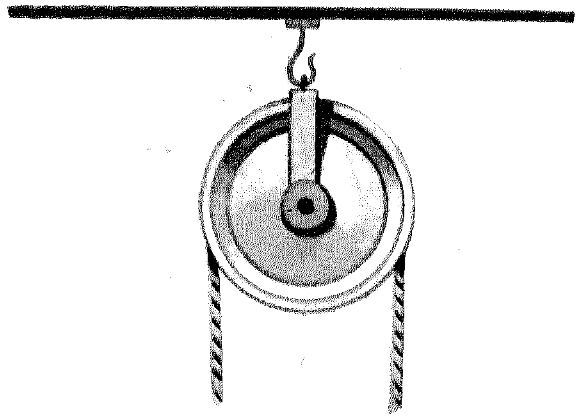
أربط العلبة الصغيرة في نهاية الحبل لتكوّن عربة المصعد (الكابينة) . لفف اليد والعصا (المحور) . إذا سمعت صريراً يمكنك وضع نقطة من الشحم على المحور لمنع الصرير .

تستطيع أيضاً إدخال بعض التحسينات على المصعد بأن تركب عليه ثقل موازنة كالآتي : ــ ضع قطعة حجر صغيرة وزنها حوالي ربع كيلو جرام في كيس من البلاستيك واربطه بقطعة حبل .

اربط نهاية الحبل الأصلي بالكيس وبداخله الحجارة بدلاً من ربطه على العصا واستخدمه ثقل موازنة . عند صعود العربة (الكابينة) يهبط ثقل الموازنة والعكس بالعكس .



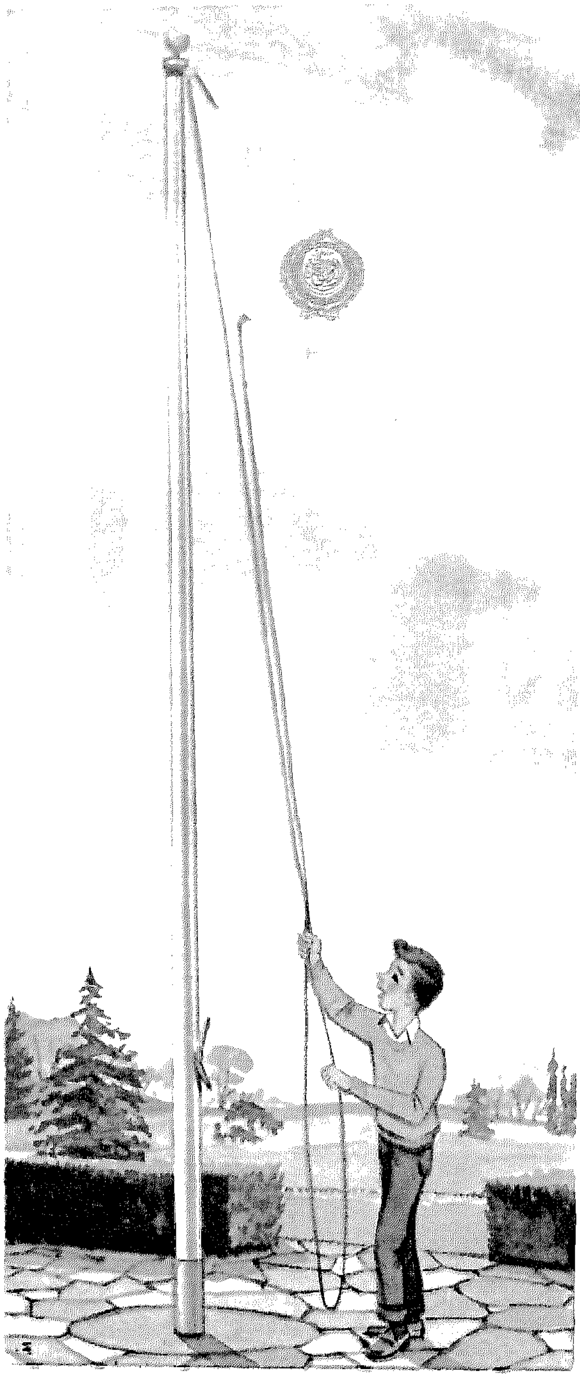
البكرة



لماذا تسمى البكرة أحياناً عجلة بحبال ؟

تعرفنا حتى الآن على خمس من الآلات الأساسية الست . ولقد عرفنا أن المكنات سواء كانت بسيطة أم مركبة لا تقلل من كمية الشغل ولكنها تساعد الإنسان على إتمامه بقوة أقل . كذلك عرفنا أن المكنات تستخدم لزيادة القوة أو السرعة حسب الاستخدام المطلوب . ولكن المكنة لا تستطيع إعطاء قوة زائدة وسرعة زائدة في نفس الوقت . وقد رأينا أن الرافعة خير مثال لتوضيح قيمة المكنات . لأن كل مكنة تعطينا فائدة ميكانيكية .

لنتعرف الآن على البكرة وهي آلة أساسية تشبه في عملها رافعة من الدرجة الأولى أو من الدرجة الثانية .



البكرة تمكنك من رفع وخفض العلم .

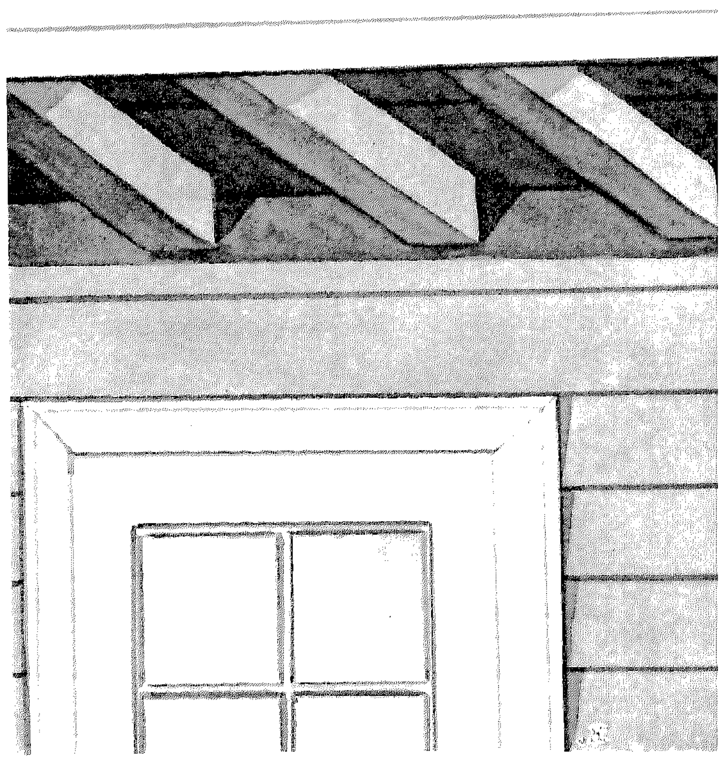
البكرة عبارة عن عجلة محزوزة أو مجموعة من العجلات يستخدم معها حبل أو سلسلة لرفع الأحمال الثقيلة أو لتغيير اتجاه القوة كما سنرى : وتكون « بكرة ثابتة » إذا كانت معلقة بواسطة خطاف في مسند وتكون « بكرة متحركة » إذا كانت مثبتة في الثقل المراد رفعه .



كيف تعمل البكرة الثابتة المفردة ؟

تعتبر البكرة الثابتة المفردة ابسط أنواع البكرات ولكن لولا هذه الآلة البسيطة ما كنا نستطيع أن نرفع العلم أو أن نخفضه دون الصعود إلى أعلى الصاري . وتبين الصورة فتاة تنشر غسيلها على الحبل باستخدام البكرات .

حيث أن البكرة مثبتة في قمة الصاري وأن العجلة تدور فقط فإننا لا نحصل على أية فائدة ميكانيكية ولكننا نغير اتجاه القوة فقط . إننا نثبت العلم في طرف الحبل ونجذب الطرف الآخر إلى أسفل فيرتفع العلم إلى قمة الصاري .



كيف تستعمل البكرة المتحركة ؟

يمكنك إدراك الفائدة الميكانيكية للبكرة

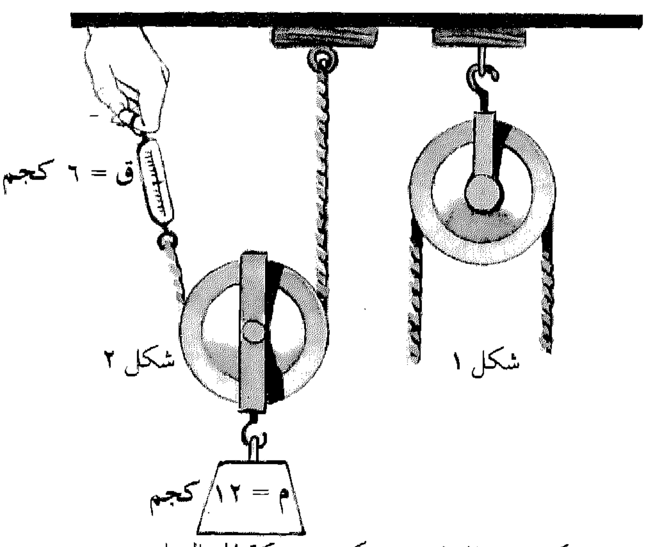


المتحركة إذا علمت الغرض من استخدامها وإذا تذكرت المعلومات التي عرفتها عن المستوى المائل والرافعة .

تستخدم البكرة المتحركة ومجموعات منها في رفع الأحمال إلى أعلى مباشرة ولقد عرفنا مدى صعوبة ذلك من دراستنا للمستوى المائل . ويوضح الشكل (٢) كيفية تثبيت أحد طرفي الحبل ثم تعليق الثقل بالبكرة وسحب الطرف الآخر للحبل .

يمكن حساب الفائدة الميكانيكية للبكرة بنفس طريقة حساب فائدة جميع المكنات ، أي بقسمة المقاومة على القوة . ومع ذلك توجد طريقة أخرى لحساب الفائدة تطبق على البكرات فقط .

يستخدم قانون الروافع بصفة عامة وهو :



بكرة ثابتة إلى اليمين وبكرة متحركة إلى اليسار .

المقاومة × المسافة التي تتحرك خلالها هذه المقاومة = القوة × المسافة التي تتحرك خلالها هذه القوة . وحيث أنه بالنسبة للشكل (٢) يتحرك الثقل إلى أعلى مسافة متر واحد كلما تحرك الحبل مترين فيكون ١٢ كجم × ١ متر = ٦ كجم × ٢ متر .

كيف تعمل مجموعة من البكرات ؟

رأينا البكرة الثابتة المفردة في الشكل (١) والبكرة المتحركة المفردة في الشكل (٢) . ويوضح الشكل (٣) مجموعة مكونة من بكرة ثابتة وبكرة متحركة كما يوضح الشكل (٤) مجموعة مكونة من بكرتين ثابتتين وبكرتين متحركتين – إذا تأملنا الشكل (١) نجد أن الثقل محمل على جزء واحد من الحبل ، في حين أنه محمل على جزئين من الحبل في الشكل (٢) .

أما في الشكل (٣) فنجد أنه محمول على ثلاثة أجزاء من الحبل ، وفي الشكل (٤) على أربعة أجزاء من الحبل . وسنرى فيما بعد كيف يمكننا استنتاج طريقة خاصة لحساب الفائدة الميكانيكية للبكرات .

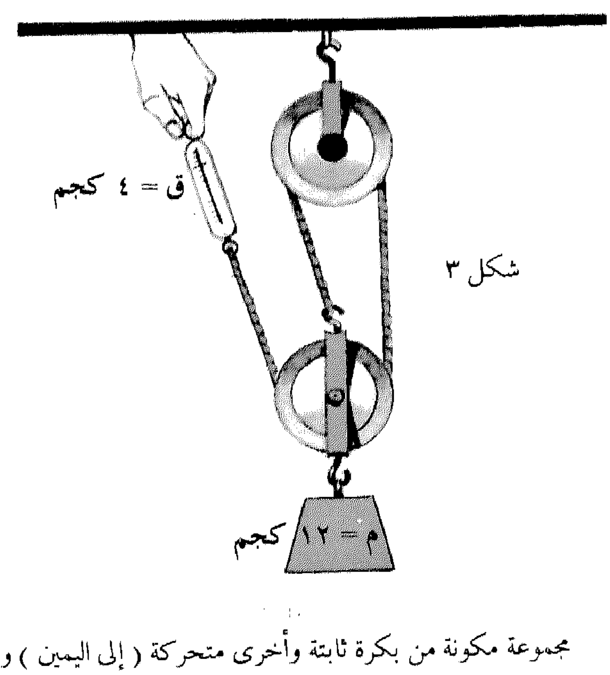
يبين الميزان الزنبركي في الشكل (٤) أن القوة اللازمة لرفع ثقل وزنه ١٢ كيلوجرام هو ٣ كيلو جرام ، وعلى ذلك فإن الفائدة الميكانيكية = ١٢ ÷ ٣ = ٤ . وحيث أن الثقل محمل على أربعة أجزاء من الحبل فإن كل جزء يحمل ٤/١ الثقل أي ٣ كيلو جرام ، وهي قوة الشد الموجودة في جميع أجزاء الحبل .

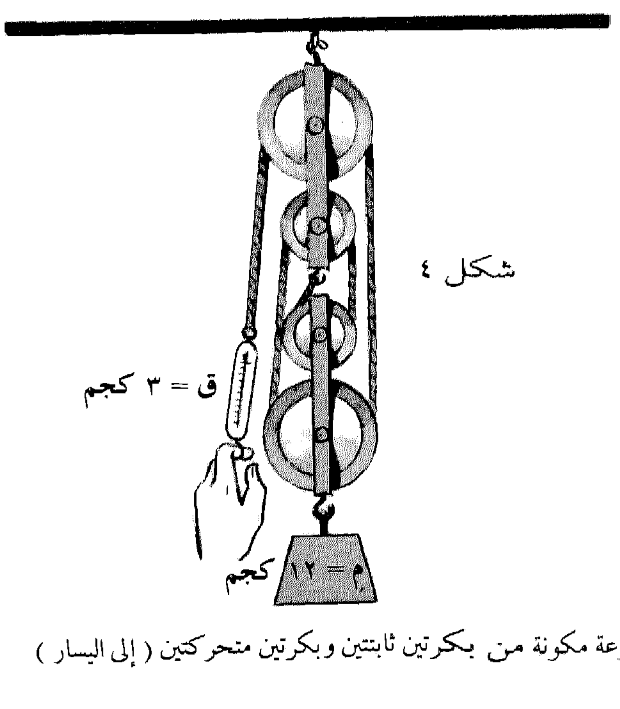
وبذلك يمكننا القول – في حالة البكرات فقط – أن الفائدة الميكانيكية تساوي عدد أجزاء الحبل الحاملة للثقل .

والآن بعد أن أوجدنا معاً الحل لهذا المثال ، فعليك أن تحاول حساب الفائدة الميكانيكية للأمثلة الثلاثة المبينة في الأشكال ١ ، ٢ ، ٣ .

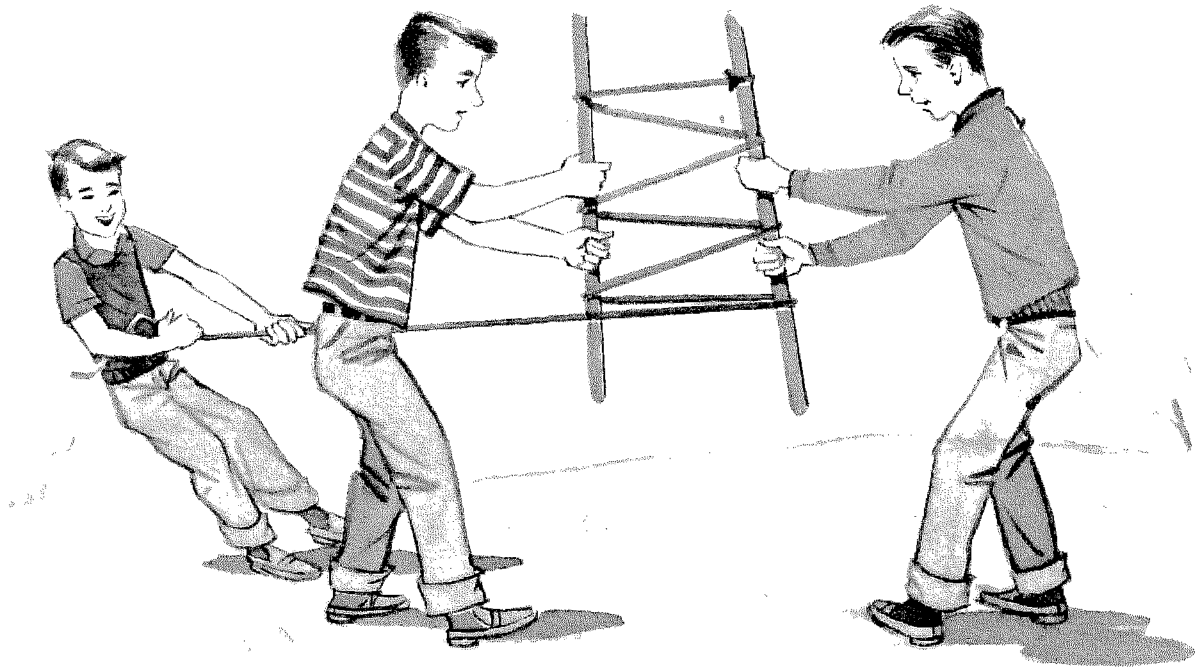
ما مدى قوتك ؟

أطلب من اثنين من أصدقائك أطول وأقوى





مجموعة مكونة من بكرة ثابتة وأخرى متحركة (إلى اليمين) ومجموعة مكونة من بكرتين ثابتتين وبكرتين متحركتين (إلى اليسار)



تزيدك البكرات قوة .

منك أن يمسك كل منهما بعصا مكنسة وأن يقفا على بعد عدة خطوات من بعضهما البعض . أربط طرف حبل في عصا منهما ثم لفف الحبل حولهما ، كما هو مبين بالصورة . أطلب من كل صديق أن يتشبث بعصاه وأنت تشد الحبل . سوف تجد أنك تمكنت من ضمهما معاً ولن يتمكن صديقاك من الحفاظ على المسافة بينهما . إشرح لصديقيك السبب في ذلك .

إليك السبب : لقد استخدمت مجموعة من البكرات .

كيف تجري بعض التجارب باستخدام البكرات

الأدوات اللازمة :

بكرة .

حبل طوله ٢ متر .

كيس صغير من البلاستيك .

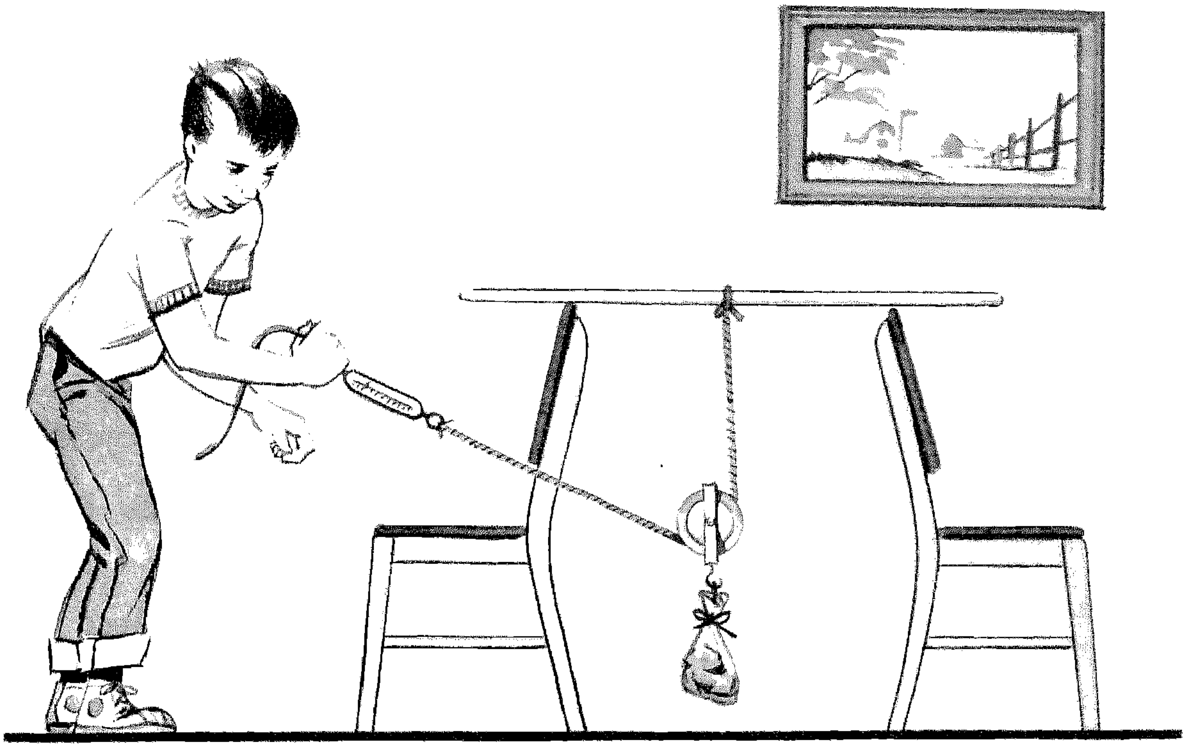
ثقل (قطعة حجر) وزنه ٢ كجم .

ميزان زنبركي .

عصا مكنسة .

اتبع الخطوات التالية :

ضع كرسيين ظهراً إلى ظهر بينهما مسافة متر

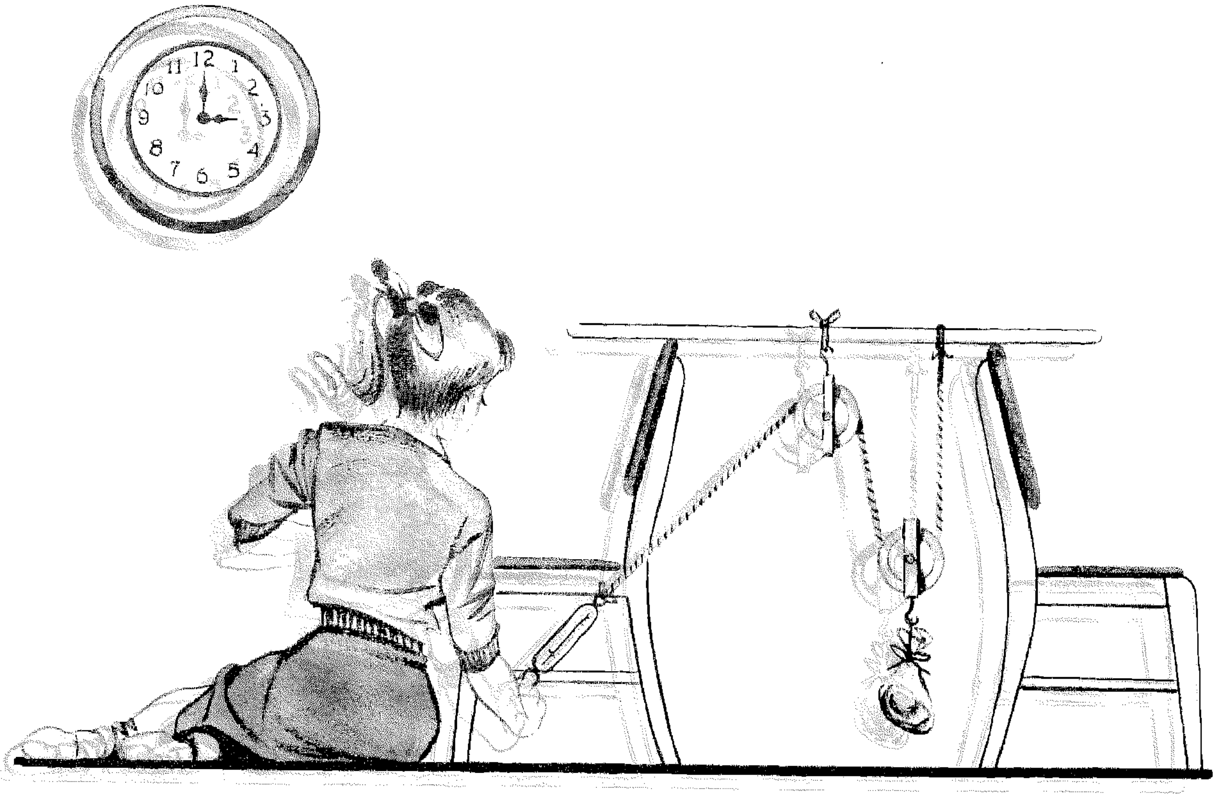


واحد . ضع عصا المكنسة أعلاهما . أربط أحد طرفي الحبل في منتصف عصا المكنسة . مرر الحبل خلال البكرة واجعلها تركب على الحبل بحرية . ضع الثقل داخل كيس البلاستيك واربطه في البكرة . أوصل طرف الحبل الخالي بالميزان الزنبركي واجذبه إلى أعلى . بذلك تكون قد استخدمت بكرة متحركة ، ويمكنك الآن مراجعة معلوماتك . ما قراءة الميزان الزنبركي ؟ يجب أن تكون كيلو جراماً واحداً ، ولكنها ستزيد عن ذلك قليلاً لوجود قوة احتكاكية يجب التغلب عليها .

لقد رأيت أن مجموعة مكونة من بكرة ثابتة مفردة وبكرة متحركة مفردة تعطي فائدة ميكانيكية مقدارها ثلاثة . الشكل (٣) السابق . يمكنك الآن تكوين مجموعة مختلفة كما يلي :

الأدوات اللازمة :

بكرتان .
حبل قصير .
حبل طوله ٢ متر .
كيس من البلاستيك .
ثقل وزنه ٢ كيلو جرام .
ميزان زنبركي .
عصا مكنسة .



اتبع الخطوات التالية :

ضع كرسيين ظهراً إلى ظهر بينهما مسافة متر واحد ثم ضع عصا المكنسة فوقهما .

اربط إحدى البكرتين في منتصف عصا المكنسة باستخدام الحبل القصير لتكون البكرة الثابتة .

أربط أحد طرفي الحبل الطويل بعصا المكنسة . مرر الحبل خلال البكرة الثانية المتحركة . ثم خلال البكرة الثابتة .

أربط الطرف الحر للحبل بالميزان الزنبركي . أربط كيس البلاستيك وعلق الثقل في خطاف البكرة المتحركة .

شد الميزان ستجد أن قراءته كيلو جرام واحد .

قارن الآن بين الفائدة الميكانيكية التي حصلت عليها في هذه التجربة وبين الفائدة الميكانيكية في الشكل (٣) السابق . هل هاتان الفائدتان متساويتان أو مختلفتان ؟ ستجد أنه مهما كانت النتيجة فإن رفع الثقل أسهل مما كان في الشكل (٣) وأسهل من التجربة السابقة . لأنك كنت تشد الحبل إلى أسفل بدلاً من شده إلى أعلى .

إذا لم تتمكن من شراء بكرات فيمكنك الاستعاضة عنها ببكرات خيط الحياكة .

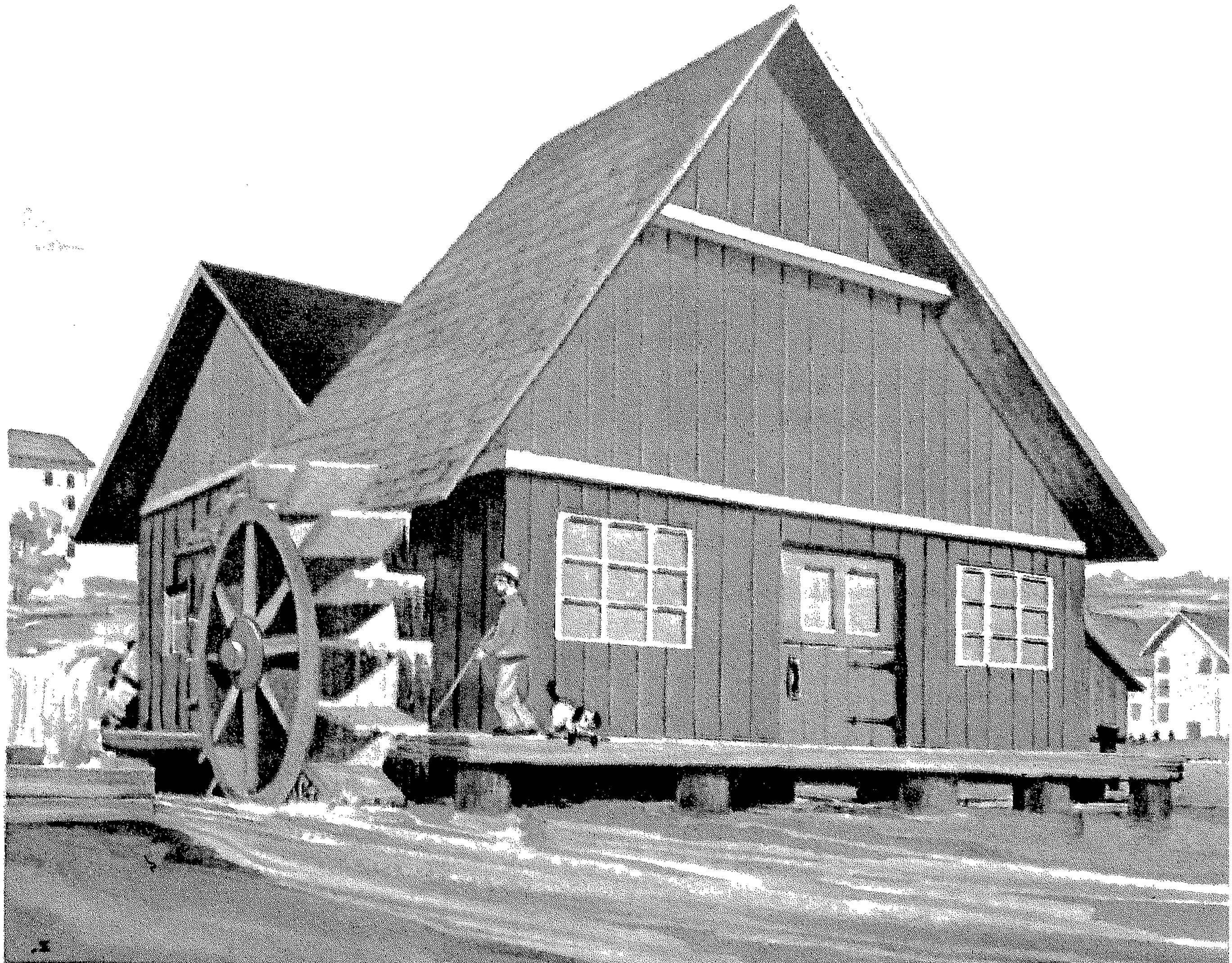


طاحونة هواء

مصادر الطاقة

علمنا أن الإنسان في الأزمنة القديمة كان يعتمد على طاقته العضلية اعتماداً كلياً وان بداية التقدم تحققت عندما بدأ يدعم طاقته العضلية بطاقة الحيوانات . ومع تزايد اعتماد الإنسان على الحصان والحمار ، والثور ، والجمل ، فإنه بدأ في اكتشاف استعمالات مصادر طبيعية أخرى للطاقة .

ولقد أوضحنا في بداية الكتاب : أن الطاقة



هي المقدرة على بذل الشغل وأن هناك أشكالاً كثيرة للطاقة . لنتأمل الآن بدقة أكثر فيما يعنيه ذلك ، لأن الطاقة أو أساليب استخدامها هي السبب الرئيسي في تطوير المكنات .

ما أشكال الطاقة المختلفة ؟

إذا كانت الطاقة هي المقدرة على بذل الشغل فإن المياه الجارية على منحدر لها طاقة ، والهواء المتحرك له طاقة ، ونحن أيضاً « لدينا طاقة » . ما هي الطاقة التي لدينا ؟ هل نحصل عليها من لا شيء ؟ هل نستطيع أن نخلق الطاقة ؟ لا ؟ اننا نحصل عليها دائماً من مصدر ما : من الهواء المتحرك ، أو المياه الجارية ، أو من أكسدة الوقود . فأكسده الطعام تزودنا بالطاقة العضلية ، كما أن أكسدة الوقود (التي تحدث عند حرق الفحم أو البترول) تزودنا بالطاقة اللازمة لتشغيل الآلات البخارية ، وهكذا . سنعرف فيما بعد أن للمادة نوعين مختلفين من الطاقة حسب ما إذا كانت الطاقة مستغلة أم غير مستغلة . فالمياه الساقطة من خزان أو شلال ، والبخار أثناء تمدده في داخل

الآلة البخارية من أمثلة الطاقة الفعالة ، أو حسب التعبير العلمي هي « طاقة حركية » .

ولكن المياه المخزونة في خزان علوي لا تؤدي شغلاً ، ولكنها في وضع يسمح لها ببذل الشغل وبالتالي فإن طاقتها ليست فعالة . ولكنها مخزونة ، أو حسب التعبير العلمي هي « طاقة وضع » .

وعلى ذلك فالطاقة الحركية هي الطاقة التي تكون للمادة نتيجة لحركتها ، أما طاقة الوضع فهي الطاقة التي تكون للمادة نتيجة لوضعها أو حالتها الطبيعية أو الكيمائية .

كيف سيطر الإنسان على قوى الطبيعة

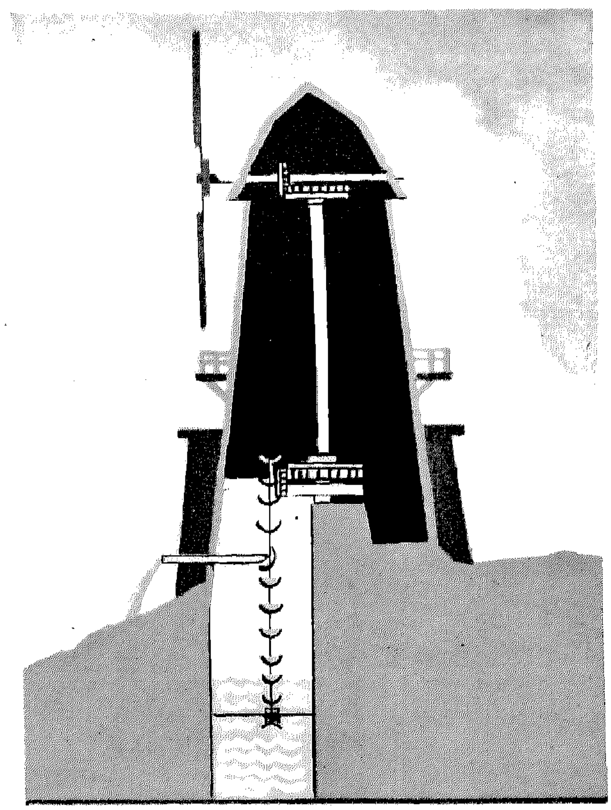
١ – طاحونة الهواء :

استخدم الإنسان الشراع لاستغلال الهواء في تسيير المراكب ولكنه بدأ في تثبيت عجلة في الشراع من حوالي ألف عام فقط .

فكلما هبت الرياح دارت العجلة ، بالتالي أدارت محورها معها ، وباستعمال مجموعة من العجلات المسننة لإدارة أحجار كبيرة فإنه تمكن من طحن الحبوب للحصول على الدقيق . واستخدمت طواحين الهواء بعد ذلك في هولندا حيث تقع مساحات كبيرة من الأراضي تحت مستوى البحر – لضخ المياه من الحقول . وكانت للطواحين القديمة أشرعة من قماش القنب . ولا زالت الطواحين المطورة الحديثة تستخدم اليوم في المزارع لضخ المياه أو لتوليد الكهرباء على نطاق ضيق وأصبحت لها أشرعة أو رياش معدنية وعجلاتها أصغر حجماً وأقل وزناً من ذي قبل . وهي تصمم بكيفية تسمح لها بحرية الحركة لتلقى الرياح مهما كان اتجاه هبوبها .

٢ – العجلة المائية :

استخدمت العجلات المائية البدائية لري الأراضي الزراعية في الحضارات القديمة ببلاد ما بين النهرين (العراق) ولكن العجلات المائية التي تديرها مساقط المياه لم تعرف إلا في بداية العصور الوسطى في أوروبا .



مقطع في طاحونة هواء يوضح مجموعة العجلة والمحور والعجلات المسننة .

ومع مضي الوقت ابتكرت أنواع جديدة من البكرات المائية ، ومنها نوعان استعملهما مستوطنو أمريكا المبكرون والصناعة الأمريكية في بدايتها ، وهذان النوعان هما : ـ

عجلة الدفع العلوي :

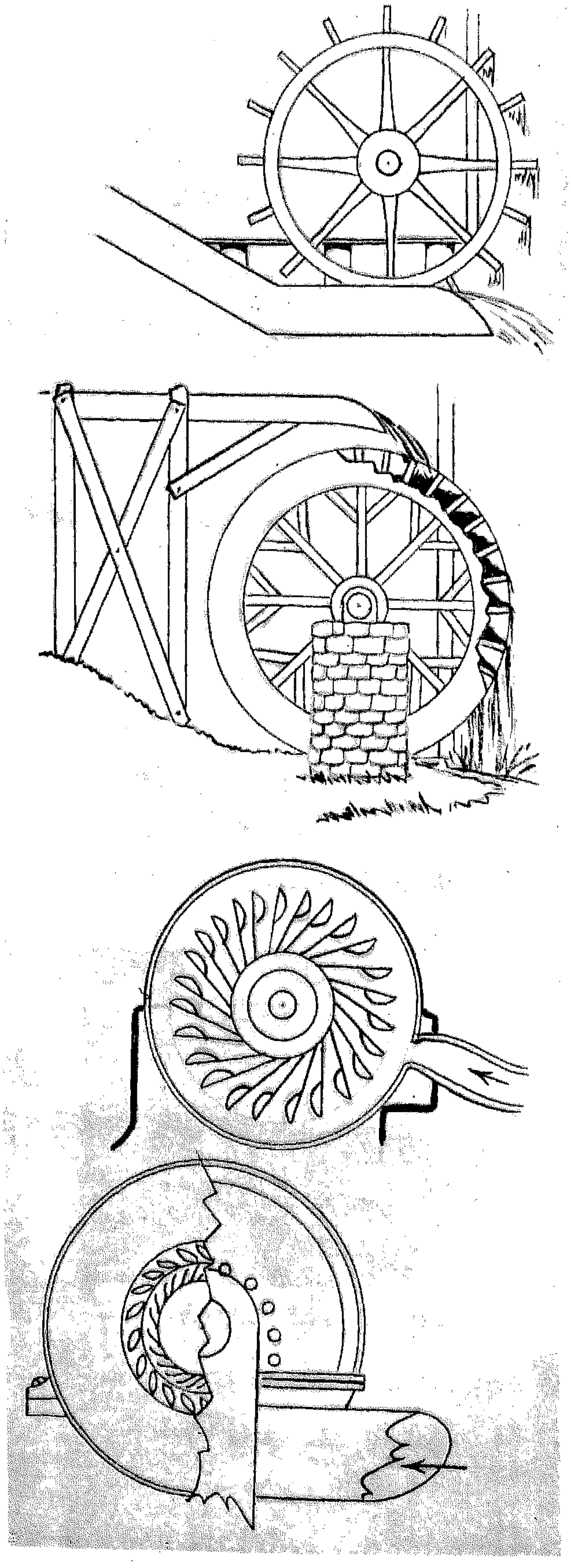
وهي تدار بواسطة المياه المتساقطة عليها من أعلى كما هو موضح بالصورة .

وعجلة الدفع السفلي :

وهي تدار بقوة اندفاع المياه عند اصطدامها برياش العجلة من أسفل .

وابتكر المهندس بلتون نوعاً ثالثاً من العجلات المائية سمي باسمه ، ويدار بواسطة تيار قوي من المياه يوجه إلى الرياش عن طريق فوهة تزيد من سرعة المياه . وتمتاز عجلة « بلتون » بأنها تعطي قدرة أكبر مما تعطيه عجلة الدفع العلوي أو الدفع السفلي ، كما يمكن تشغيلها بسرعة أكبر منهما بكثير .

تعتبر التوربينة الحديثة المستخدمة لتوليد الكهرباء أكثر أنواع العجلات المائية كفاءة ، وتتكون من عجلة كبيرة مزودة برياش موجودة داخل غلاف خارجي . تصطدم المياه المتساقطة من ارتفاعات كبيرة بمجموعة من الرياش الثابتة بالغلاف الخارجي ، وهذه الرياش الثابتة تغير من اتجاه المياه بقوة أكبر لتصطدم برياش العجلة فتديرها بسرعة كبيرة ، تصل كفاءتها إلى أكثر من ٩٠ ٪ نظراً لوجود الغلاف الخارجي ، في حين أن جزءاً كبيراً من طاقة المياه المتساقطة يفقد في عجلات الدفع العلوي والسفلي ، وفي عجلة بلتون .



من أعلى إلى أسفل : عجلة بالدفع السفلي ، عجلة الدفع العلوي
عجلة « بلتون » ، التوربينة الحديثة .

كيف تصنع نموذجاً لعجلة مائية

الأدوات اللازمة :

بكرة خيط فارغة .
١٠ قطع من الخشب أو الصفيح .
إبرة تريكو .

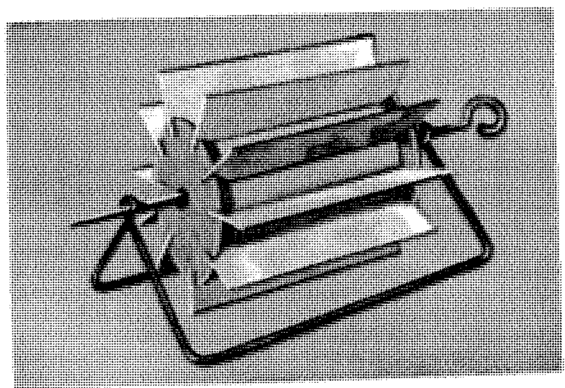
اتبع الخطوات التالية :

استخدم البكرة الفارغة كصرة للعجلة ، ثم افتح عشرة حزوز (مثقبيات) على السطح موازية للمحور ومتعامدة مع النهايات . ركب قطع الخشب أو الصفيح في هذه الحزوز .

استخدم إبرة التريكو لصنع المحور .

علق العجلة على حامل تصنعه من مشجب معدني (شماعة) .

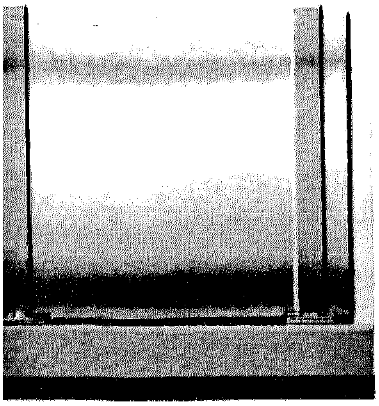
سلط تيار مياه من الصنبور على العجلة لإدارتها .



الشكل النهائي لنموذج العجلة المائية .

ما هي بعض المصادر الأخرى للطاقة ؟

رأينا كيف تعلم الإنسان أن يستخدم الماء والهواء كمصادر للطاقة لتشغيل المكنات الأكثر تعقيداً



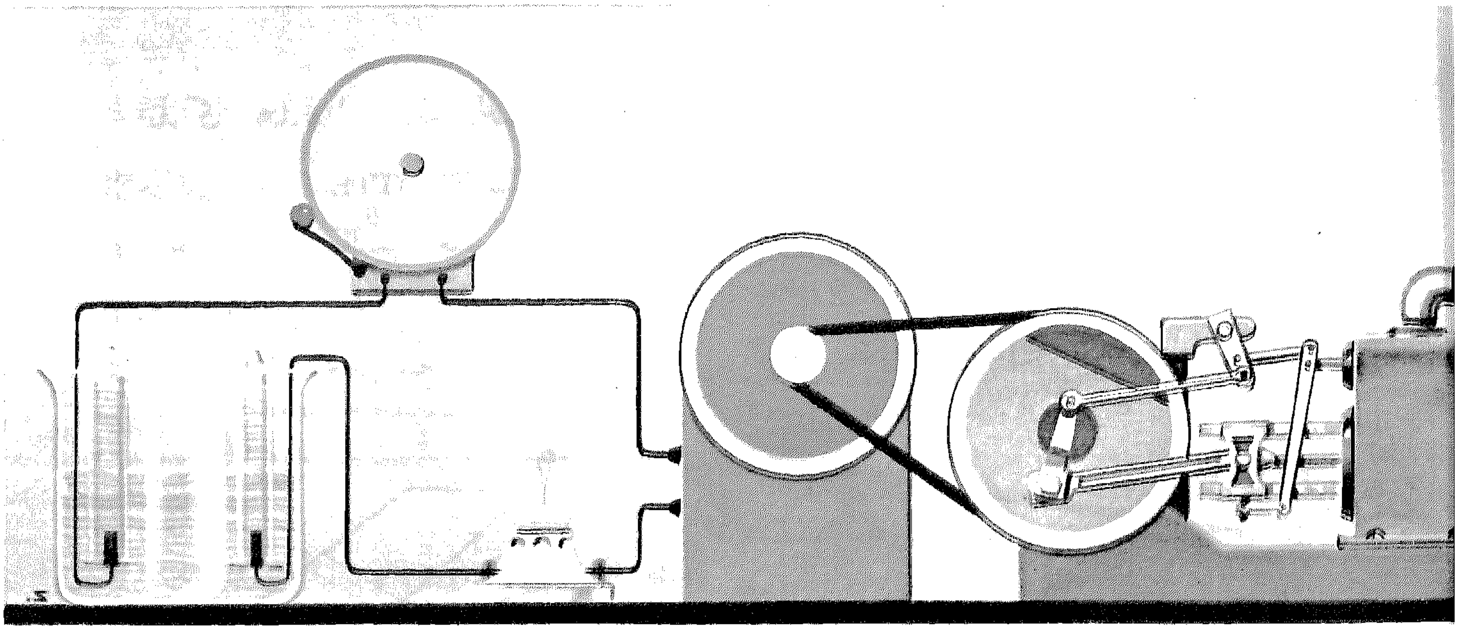
يمكن تغيير شكل الطاقة : الغلاية تدير المحرك البخاري ، الذي يدير المولد الكهربائي ، الـذي يدير المصباح ويدق الجرس وينتج تفاعلاً كيميائياً (الكترولتياً) .

من الآلات الست الأساسية . إلا أن الماء أو الهواء لا يوفران إلا جزءاً ضئيلاً من حاجة العالم للطاقة . ويمكننا الحصول على مقدار أكبر من الطاقة من أنواع الوقود المختلفة كالبترول ، والغاز ، والفحم والخشب ، إلا أن الإنسان لم يتوصل إلى استغلال هذه المصادر إلا ابتداء من القرن الثامن عشر . ولم يتوصل لاستغلال أكبر مصدر للطاقة ــ وهو الطاقة الذرية ــ إلا منذ وقت قريب جداً .

يحرق الخشب أو الفحم في فرن لتسخين المياه إلى درجة الغليان وتوليد البخار اللازم لإدارة توربينة بخارية أو محرك بخاري ، أما الوقود السائل أو الغازي فهو يحرق في غرف الاحتراق لمحركات البنزين أو الديزل أو المحركات النفاثة . وتطلق الطاقة النووية بشطر النواة .

ما المحرك ؟

لقد تحدثنا عن الآلات الأساسية الست وعن مكنتين أكثر تطوراً ، كما ناقشنا الكيفية التي تؤدي بها المكنات الشغل . وسنوضح الآن الفرق بين المكنة أو المحرك . في حين تعتبر المكنة وسيلة لتسهيل العمل عن طريقة مضاعفة القوة (الفائدة



الميكانيكية) أو تغيير اتجاهها ، أو زيادة سرعة بذل الشغل ، فإن المحرك وسيلة لتحويل أحد أشكال الطاقة ـ غالباً الطاقة الحرارية ـ إلى طاقة حركية (ميكانيكية) .

وبهذا التفسير فإننا نقترب من نهاية الكتاب ونكون عند بداية عصر الآلات والعصر الذري .

تذكر هذه الأفكار الهامة

لقد غيرت المكنات أساليب حياتنا بطرق شتى ، من حيث طريقة الحصول على الطعام ، وصنع الملابس ، وفي طرق التدفئة والإنارة ، وحتى بالنسبة لوسائل الترفيه .

لقد ساعدت على تسهيل العمل . ويمكننا فهم المكنات الحديثة (المعقدة) التي شاع استعمالها في حياتنا اليومية إذا أحسنا فهم الآلات الأساسية . وهذه المكنات الحديثة المعقدة موجودة في منازلنا ، وفي المدارس ، وفي المحلات التجارية ، ومحلات لعب الأطفال ، وفي المصانع ، والحقول ، والمكاتب ، وفي مكان العمل .

وإليك ببعض الأفكار التي يجب أن تتذكرها دائماً :

١ – يجب دفع أو جذب أي جسم إذا أردنا تحريكه . أي أننا نستعمل القوة لإيجاد الحركة .

٢ – نستعمل قوة أكبر إذا أردنا دفع أو شد جسم بسرعة أكبر .

٣ – القوة المقاومة لحركة الشد أو الدفع على الأرض هي قوة الاحتكاك .

٤ – الماء يقاوم حركة القارب أثناء التجديف .

٥ – الهواء يقاوم الطائرة أثناء طيرانها في الجو .

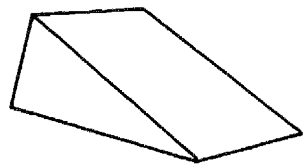
٦ – يمكن التغلب على المقاومة باستخدام قوة أكبر منها . أما إذا كانت المقاومة أكبر من القوة فلن تستطيع تحريك الجسم وبالتالي لا نؤدي شغلاً .

٧ – لا يؤدى شغل إلا عند تحريك شيء ما .

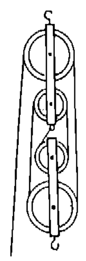
تذكر هذه المصطلحات الهامة

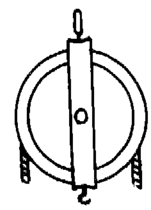
الاحتكاك: LE FROTTEMENT المقاومة الناشئة عن تحريك جسم بالنسبة لجسم آخر .

الاسفين (الخابور): LE COIN آلة بسيطة سميكة في أحد طرفيها وينحدر سطحها بميل نحو طرفها الثاني المدبب .



البكرة: LA POULIE آلة بسيطة عبارة عن عجلة محزوزة يمر فوقها حبل .

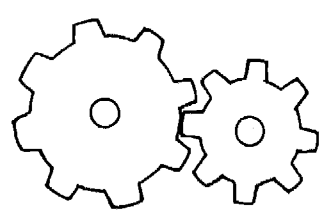




البكرة والحبل : MOUFLES ET PALANS مجموعة من البكرات الثابتة والمتحركة تستخدم لرفع الأجسام الثقيلة .

آلة بسيطة : MACHINE SIMPLE إحدى الوسائل الأساسية الست المستخدمة في أداء الشغل وهي المستوى المائل ، والرافعة والبكرة ، واللولب ، والاسفين ، والعجلة والمحور .

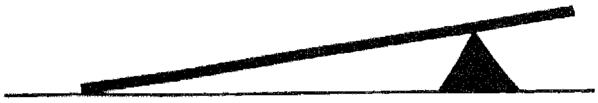
التروس ENGRENAGES عجلات مسننة تتعاشق في عجلات مسننة أخرى .



الجاذبية: LA GRAVITÉ قوة الجذب بين مركز الكرة الأرضية والأجسام التي على سطحها .

الخطوة : LE PAS de la VIS المسافة بين سنين متجاورين من أسنان اللولب .

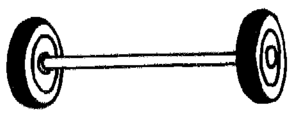
الرافعة: LE LEVIER آلة بسيطة تسلط عليها قوة لتحقيق زيادة في القوة أو السرعة .



الشغل : LE TRAVAIL التأثير بقوة ما لتحريك جسم من مكان إلى آخر .

الطاقة : L'ENERGIE المقدرة على بذل الشغل .

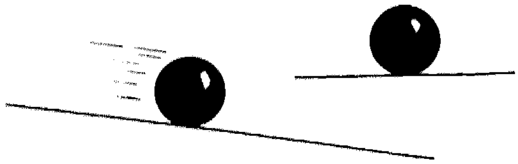
العجلة والمحور L'AXE ET LA ROUE آلة بسيطة تتكون من عجلة مثبتة في محور .



الفائدة الميكانيكية :
L'AVANTAGE MECHANIQUE
نسبة الزيادة في القوة نتيجة استخدام مكنة .

القدرة : LA PUISSANCE معدل تأدية الشغل ، وتقاس عادة بوحدات الوات ، أو القدرة الحصانية.

القصور الذاتي : L'INERTIE خاصية في المادة تبقي الأجسام الساكنة في حالة سكون والأجسام المتحركة في حالة حركة .

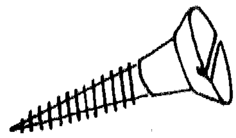


القوة : LA FORCE الجهد المبذول لتحريك جسم ما أو لإيقاف جسم متحرك .

الكفاية : L'EFFICACITÉ نسبة مقدار الشغل المستفاد منه إلى مقدار الشغل الكلي .

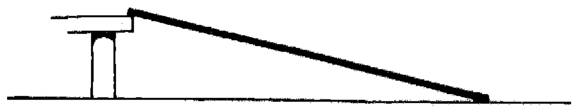
الكيلو وات : LE KILO WATT ألف وات .

اللولب : LA VIS آلة بسيطة تتكون من مستوى مائل ملفوف على اسطوانة .



المحرك: LE MOTEUR مكنة تحول الطاقة من شكل إلى آخر يكون عادة طاقة ميكانيكية .

المستوى المائل: LE PLAN INCLINÉ آلة بسيطة تتكون من سطح مائل يمكن شد أو دفع الأجسام عليه .



المقاومة : LA RESISTANCE القوة التي يجب التغلب عليها .

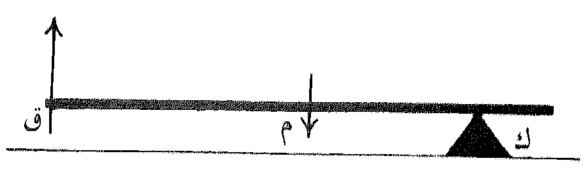
المكنة: LA MACHINE وسيلة لتسهيل العمل .

الوات: LE WATT وحدة قياس القدرة الكهربائية .

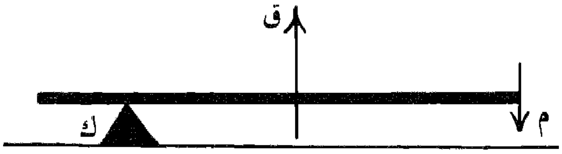
رافعة من الدرجة الأولى : LEVIER du 1e. genre آلة بسيطة فيها توجد نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة



رافعة من الدرجة الثانية: LEVIER du 2e. Genre آلة بسيطة ، فيها توجد نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة ، كما في حالة المجداف .



رافعة من الدرجة الثالثة: LEVIER du 3e. Genre آلة بسيطة فيها تقع القوة بين نقطة الارتكاز والمقاومة ، كما في حالة قضيب صيد السمك .



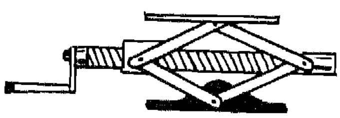
طاقة الحركة : L'ENERGIE CINETIQUE طاقة الجسم نتيجة لحركته مثل طاقة سيارة متحركة .

طاقة الوضع : L'ENERGIE LATENTE طاقة الجسم نتيجة لوضعه مثل الطاقة الموجودة في صخرة على حرف منحدر .

قدرة حصانية: LE CHEVAL VAPEUR وحدة لقياس القدرة وتساوي ٧٥ متر كجم / الثانية .

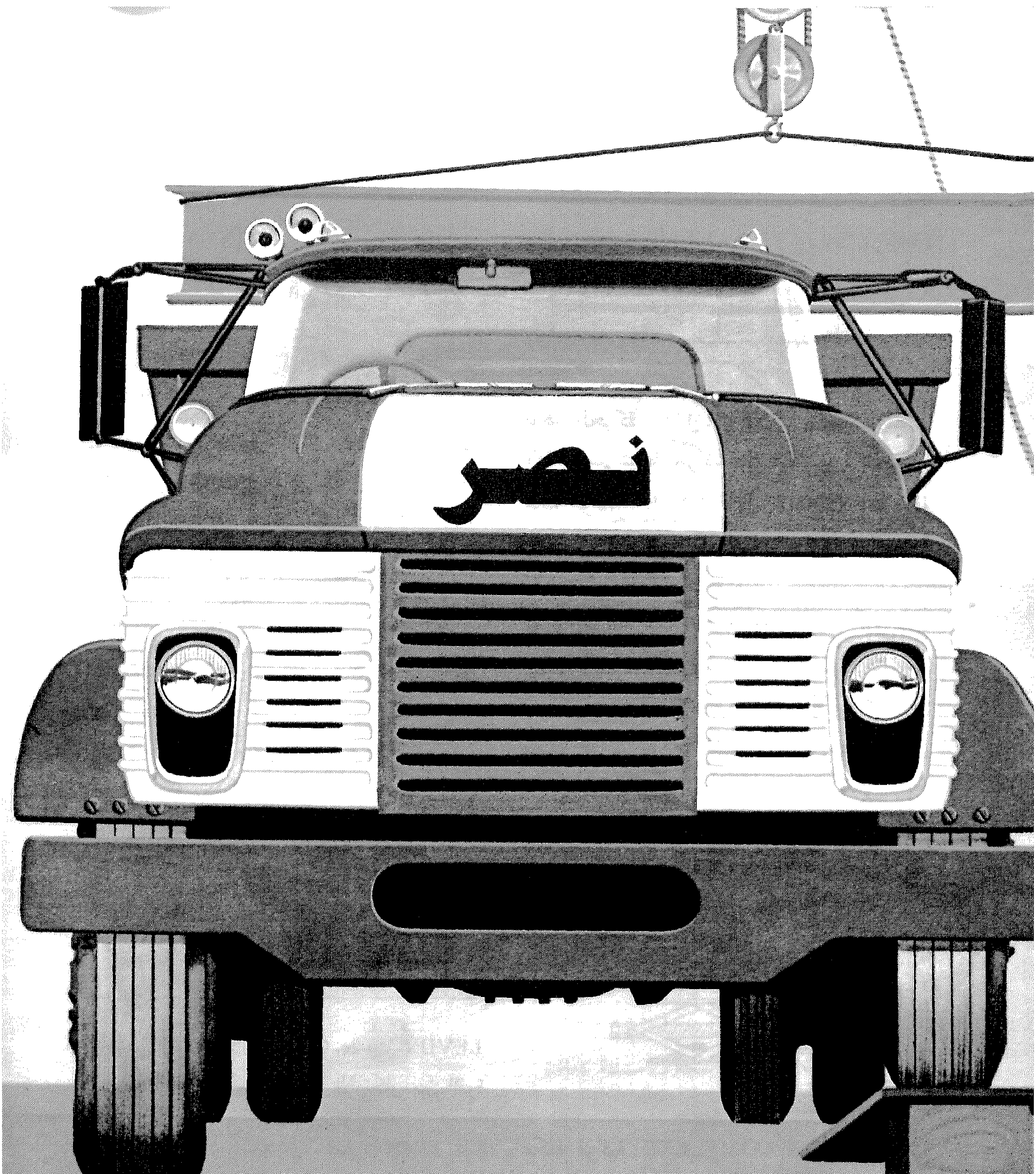
متر كيلوجرام: METRE KILO GRAMME وحدة لقياس مقدار الشغل المبذول وهي تساوي مقدار الشغل اللازم لرفع جسم وزنه كيلو جرام واحد مسافة متر واحد .

مرفاع (كريك): LE CRIC مكنة تستعمل لرفع الأجسام الثقيلة .



مكنة مركبة : LA MACHINE COMPLEXE مكنة مكونة من مكنتين بسيطتين أو أكثر .

نقطة الارتكاز : LE POINT D'APPUI ركيزة الرافعة أو النقطة التي تدور حولها الرافعة .



مطابع الشروق

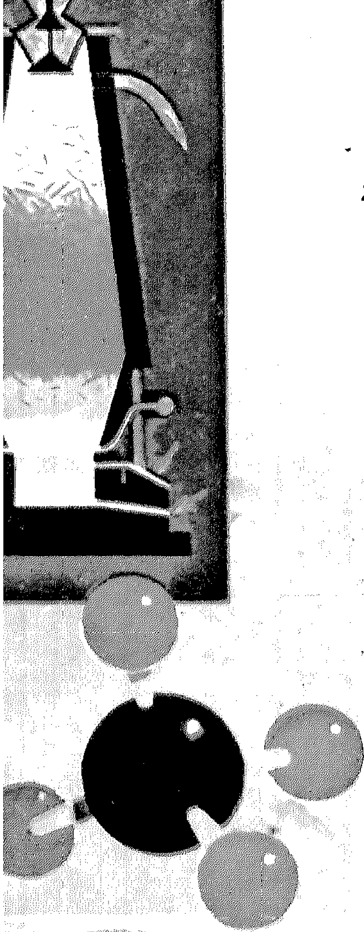
القاهرة: ١٦ شارع جواد حسني ـ هاتف : ٣٩٣٤٥٧٨ ـ ٣٩٣٤٨١٤

بيروت: ص ب : ٨٠٦٤ ـ هاتف ١٥٨٥٩ ٨١٧٧٦٥ ـ ٨١٧٢١٣



سلسلة كيف ولماذا

أرضنا	القطارات
الزمن	السفن والبواخر
جسم الإنسان	الأسماك
من الكهوف لناطحات السحاب	الإنسان الآلي والعقول الاليكترونية
الماكينات	المغناطيسية
القمر	الصوت
الطاقة الذرية	الاليكترونيات
الاختراعات الأساسية	الصحراء
النجوم	الميكرسكوب
الصواريخ والقذائف الموجهة	الزواحف والبرمائيات
اكتشافات واستكشافات	الثدييات
الطائرات وقصة الطيران	الطيور
الضوء واللون	النباتات
الكيمياء	مدن مفقودة
الكهرباء	المناطق القطبية





القاهرة : ١٦ شارع جواد حسني ـ هاتف : ٣٩٣٤٥٧٨ ـ ٣٩٣٤٨١٤
بيروت : ص.ب : ٨٠٦٤ ـ هاتف : ٣١٥٨٥٩ ـ ٨١٧٧٦٥ ـ ٨١٧٢١٣

